

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Maden Mühendisliği Anabilim Dalından  
Sümeyye ERTEN KÖSE Tarafından Hazırlanan**

**SERT KAYA KÜTLELERİNİN PATLATMA İLE KAZISINDA UNVAN YETKİ VE  
SORUMLULUKLARIN İNCELENMESİ**




**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 14 / 01 / 2020 gün ve 1837 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Ayberk KAYA**

**Üye : Doç. Dr. Ferdi CİHANGİR**

**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN**

  
.....  
  
.....  
  
.....

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında yapmış olduğum yüksek lisans tez çalışması sırasında destek ve yardımlarını benden esirgemeyen aynı zamanda beni yönlendiren sevgili danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN' a, tez konusunda sağladığı önemli katkılardan dolayı sayın Doç. Dr. Ferdi CİHANGİR' e ve Doç. Dr. Bayram ERÇİKDI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca beni maddi ve manevi destekleri ile yalnız bırakmayan aileme ve bu tez çalışması sırasında desteğiyle beni yalnız bırakmayan değerli eşim Muhammet KÖSE' ye en derin şükranlarımı sunarım.

Sümeyye ERTEN KÖSE

Trabzon 2020

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sert Kaya Kütlelerinin Patlatma İle Kazısında Unvan Yetki Ve Sorumlulukların İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sonuna kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/02/2020

**Sümeyye ERTEN KÖSE**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	3
1.4. Çalışmanın İçeriği.....	6
2. DELME VE PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Patlayıcı Maddelerin Tarihsel Gelişimi.....	8
2.2. Delme Patlatmanın Amacı ve Mühendislikteki Önemi.....	10
2.3. Patlatma Teorisi.....	13
3. PATLATMANIN SONUÇLARINI ETKİLEYEN PARAMETRELER ...	17
3.1. Patlatma Tasarımında Kontrol Edilebilen Parametreler.....	17
3.1.1. Patlayıcı Maddenin Miktarı ve Dağılımı.....	17
3.1.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi ve Özellikleri.....	18
3.1.2.1. Detonasyon Hızı.....	18
3.1.2.2. Yoğunluk.....	20
3.1.2.3. Suya Karşı Dayanıklılık.....	20
3.1.2.4. Dona Karşı Dayanıklılık.....	20
3.1.2.5. Duyarlılık ve Patlama Özelliği.....	21
3.1.2.6. Patlayıcı Maddenin Gücü.....	21
3.1.2.7. Oksijen Dengesi.....	21
3.1.2.8. Depolama Ömrü... ..	22
3.1.3. Patlatma Geometrisi.....	22

3.1.3.1.	Patlatma Deliklerinin Yeri.....	24
3.1.3.2.	Delik Çapı.....	25
3.1.3.3.	Patlatma Deliklerinin Eğimi.....	26
3.1.3.4.	Basamak Yüksekliği.....	27
3.1.3.5.	Sıkılama Boyu ve Kullanılacak Sıkılama Malzemesi.....	27
3.1.3.6.	Dilim Kalınlığı.....	28
3.1.3.7.	Delikler Arası Mesafe.....	28
3.1.3.8.	Delik Taban Payı.....	29
3.1.3.9.	Özgül Şarj.....	30
3.1.3.10.	Atım Grubu Şekli ve Boyunun Etkileri.....	30
3.1.3.11	Gecikme Zamanının Belirlenmesi.....	31
3.2.	Patlatma Tasarımında Kontrol Edilemeyen Parametreler.....	32
3.2.1.	Kayaç Kütlelerinin Özellikleri.....	32
4.	<b>PATLATMANIN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE ALINACAK ÖNLEMLER.....</b>	<b>34</b>
4.1.	Taş Savrulması.....	35
4.1.1.	Taş Savrulmalarının Nedenleri ve Alınacak Önlemler.....	35
4.2.	Hava Şoku ve Gürültü.....	36
4.2.1.	Hava Şokunun Oluşma Nedenleri ve Alınacak Önlemler.....	37
4.3.	Toz Emisyonu.....	38
4.3.1.	Toz ile Mücadele ve Korunma Yöntemleri.....	39
4.4.	Patlatma Kaynaklı Titreşimler.....	40
5.	<b>MADEN OCAKLARINDA PATLATMA ÖNCESİ VE SONRASINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ.....</b>	<b>41</b>
5.1.	Patlatmalarda İş Güvenliği.....	41
5.2.	Delme İşlemlerinde Alınması Gereken Tedbirler.....	43
5.3.	Patlatma İşlemlerinde Alınması Gereken Tedbirler.....	43
5.3.1.	Patlayıcı Madde Depolarında Alınması Gereken Önlemler.....	43
5.3.2.	Patlayıcı Maddelerin Depolanması.....	46
5.3.3.	Patlayıcıların Patlatma Sahasına Taşınmasında Alınacak Önlemler.....	48
5.3.4.	Patlayıcıları Taşıyan Araçlarda Alınacak Önlemler.....	49
5.3.5.	Patlatma Sahasına Götürülen Patlayıcılar İçin Alınacak Önlemler.....	49
5.3.6.	Patlayıcıların Deliklere Doldurulması Öncesi Alınacak Önlemler.....	50

5.4.	Patlatmadan Hemen Önce Alınması Gereken Önlemler.....	51
5.5.	Ateşleme İşlemi.....	52
5.5.1.	Ateşleme İşlemi Esnasında Alınacak Önlemler.....	52
5.6.	Ateşleme Sonrası Alınacak Önlemler.....	53
5.7.	Bozulan Patlayıcı Maddeler ve Yok Edilmeleri.....	54
5.8.	Kayıtların Muhafazası.....	55
6.	GÜVENLİ BİR PATLATMA İÇİN İLAVE TEDBİRLER VE TAVSİYELER.....	57
6.1.	Personel ve Genel Durum Hakkında Gerekli Tedbirler.....	57
6.2.	Ekipman, Malzeme ve Kullanılan Metot Hakkında Gerekli Tedbirler.....	57
6.3.	Patlatma Prosedürü Hakkında Gerekli Tedbirler.....	58
7.	PATLATMA İŞLEMİNDEN SORUMLU KİŞİLERİN ÖZELLİKLERİ.....	59
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
9.	KAYNAKLAR.....	62
	ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SERT KAYA KÜTLELERİNİN PATLATMA İLE KAZISINDA UNVAN YETKİ  
VE SORUMLULUKLARIN İNCELENMESİ

Sümeyye ERTEN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen bilimleri Enstitüsü  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN  
2020, 66 Sayfa

Patlatma işlemleri madencilik faaliyetlerinde rutin bir iş olarak yürütülmektedir. Madencilik çalışmalarının etkili bir şekilde yapılabilmesi iyi bir patlatma tasarımını gerektirmektedir. Öte yandan söz konusu patlatma işlemlerinin gerçekleşmesinden sorumlu teknik elemanın unvanının ne olacağı ile ilgili tam bir netlik bulunmamaktadır. Bu tezin amacı patlatmalı kazı işlemlerinden sorumlu kişilerin unvanları ile ilgili belirsizliklerin giderilmesine yardımcı olmaktır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle patlatma tasarımını etkileyen parametreler, patlatmanın çevresel etkileri, patlayıcı maddelerin depolanması, taşınması ve kullanımı ile ilgili literatür bilgisi verilmiştir. Konu ile ilgili bazı tüzükler de irdelenmiştir. Son olarak ise patlatmadan sorumlu kişi veya kişilerin sorumluluk alanlarına değinilmiştir. Patlatma işlemlerini yapan ateşleyici ile patlatma tasarımından sorumlu olan uzman mühendis arasındaki fark ve görevler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda patlatma tasarımından sorumlu olan kişi veya kişilerin kimler olabileceği ile ilgili çıkarımlar yapılmıştır. Ayrıca, patlatma öncesi ve sonrası alınması gereken önlemlere de bu tez kapsamında değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patlatma Tasarımı, Patlatmadan Sorumlu Mühendis, Madencilik Faaliyetleri, Patlayıcı Maddelerin Depolanması, Patlatmanın Çevresel Etkileri

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF TITLE AUTHORITY AND RESPONSIBILITIES IN BLASTING  
OF HARD ROCK MASSES

Sümeyye ERTEN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Mining Engineering Graduate Program  
Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Kadir KARAMAN  
2020, 66 Pages

Blasting operations are carried out as routine work in mining activities. Effective mining operations require a good blasting design. On the other hand, it is not clear what the title of the technical person responsible for the blasting operations will be. The aim of this thesis is to help eliminate the ambiguities regarding the titles of the persons responsible for the blasting excavations. For this purpose, literature information has been given about parameters affecting blasting design, environmental effects of blasting, storage, transportation and use of explosive materials. Some statutes related to the subject have also been examined. Finally, the area of responsibility of the person or persons responsible for the blasting is addressed. The tasks and difference between the blaster and the expert engineer responsible for the blasting design were tried to be determined. In this context, inferences have been made about who may be the person or persons responsible for the blasting design. In addition, the measures to be taken before and after blasting operations are mentioned within the scope of this thesis.

**Key words:** Blasting design, Mining activities, Engineer in charge of blasting, Storage of explosive materials, Environmental effects of blasting

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1.	Maliyet ilişkisi ve parçalanma derecesi (Hoek and Bray, 1991)..... 11
Şekil 2.2.	Patlatma deliğinin parçalanması ve genişlemesi (Olofsson, 1988)..... 13
Şekil 2.3.	Sıkıştırıcı etki gösteren basınç dalgaları (Olofsson, 1988)..... 14
Şekil 2.4.	Kırılan kaya içerisinde gazın yayılımı (Olofsson, 1988)..... 15
Şekil 2.5.	Patlatma deliklerinin zamana bağlı değişimi (Olofsson, 1988)..... 15
Şekil 3.1.	Patlatma sırasında oluşan detonasyon zonları (Köse vd., 2001)..... 19
Şekil 3.2.	Patlatma tasarımında kullanılan parametreler (Kahrıman, 1999)..... 24
Şekil 3.3.	Patlatma enerjisinin kaya içindeki dağılımı (Tamrock, 1984)..... 25
Şekil 3.4.	Delik delme hatalarının patlamaya etkisi (Tamrock, 1984)..... 25
Şekil 3.5.	Gecikme paterninin patlama üzerine etkisi (Tosun, 2012)..... 32
Şekil 4.1.	Açık işletmelerde oluşan kaya fırlama mekanizması (Dhekne, 2015)..... 35
Şekil 4.2.	Patlatma kaynaklı toz oluşumu (URL-1, 2019)..... 39

## 1.GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Madencilik denildiğinde delme-patlatma akla ilk gelen faaliyetlerdir. Fakat delme-patlatma madencilik dışında inşaat, petrol, tarım ve ormancılık sektörü ile askeri faaliyetlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Patlatma işlemi, madencilik faaliyetlerinin ilk aşamalarından biri olması nedeniyle kendinden sonra yapılacak olan kazı işlemlerini doğrudan etkilemektedir. Bu özelliğinden dolayı maliyet üzerinde asla göz ardı edilmemesi gereken bir etkisi vardır.

Madencilik faaliyetlerinin yapılacağı kaya kütlesi özelliklerinin ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, yapılması planlanan kazı işlemlerinin verimli ve güvenli bir şekilde yapılabilmesi adına oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle kaya kütle özellikleri dikkate alınarak uygun bir patlatma tasarımı belirlenmeli ve kaya kütle özelliklerine uygun patlayıcı seçimi yapılması dikkat edilmesi gereken konular arasındadır. Patlatma faaliyetlerinin verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi için patlatma ve kaya kütle özelliklerinin bir bütün olarak değerlendirilmesi ve tasarıma dâhil edilmesi gerekmektedir (Dağçimen, 2006).

Patlatma işleminin amacı, kayacı istenilen boyutta parçalamak ve kayacı belirli bir mesafeye ötelemektir. Patlatma işlemi diğer kazı faaliyetleri ile karşılaştırıldığında en ekonomik yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun sonucunda patlatma işlemi, madencilik ve diğer benzeri kazı faaliyetlerinin en temel unsurları arasında yer almaktadır.

Son zamanlarda, önceden kırsal kesimlerde yapılan madencilik faaliyetleri artık yerleşim bölgelerine yakın bölgelerde yapılmaya başlanmıştır. Yerleşim yerlerine yakın bölgelere kurulmuş olan maden işletmeleri üretim için patlatmalı kazı yöntemlerini kullandıklarından, patlatma sonucunda bazı istenmeyen çevresel problemler ortaya çıkabilmektedir. Ortaya çıkabilecek bu tür problemlere karşı, gerek işletme açısından gerek yakın çevrede yaşayan insanlar açısından herhangi bir sıkıntı oluşturmaması için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Aksi durumda patlatma sonucunda ortaya çıkabilecek titreşim, gürültü, toz oluşumu ve hava şoku gibi olumsuz etkilerden kaynaklı şikâyetler artacaktır. Bunun yanı sıra bu konuda gerekli hassasiyeti göstermeyen maden işletmeleri kamuoyunda madencilik faaliyetlerine karşı bir takım olumsuz düşüncelere sebep olabilmektedir. Halk arasında bu tür olumsuz düşüncelere fırsat vermemek adına,

madencilik ve benzeri kazı faaliyetlerinin çevreye zarar vermeden yapılması önem arz etmektedir (Bilim ve Kekeç, 2017). Bunun için yapılacak patlatma işleminin, planlı bir şekilde ve uyulması gereken kurallar göz önüne alınarak yapılması, patlatmanın olumsuz etkilerini en aza indirmiş olacaktır.

Patlatma tasarımının mümkün olduğunca verimli olabilmesi için ilk olarak patlatma işlemi üzerinde etkili olan ve olabilecek parametrelerin uygun bir şekilde belirlenmesi ve bu parametrelerin dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Patlatma işlemini etkileyen parametreler, kontrol edilemeyen ve kontrol edilebilen parametreler olmak üzere iki farklı şekilde sıralamak mümkündür (Dağçimen, 2006). Bu parametreler dikkate alınarak uygun bir patlatma tasarımı yapılabilir.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Patlatma konusunda literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Özer, 2001; Cihangir vd., 2006; Cevizci, 2010; Kekeç, 2010; Toprak, 2012; Kahraman, 2019; Öngen, 2019; Yılmaz, 2019). Patlatmanın çevresel etkileri (Erçikdi vd., 2004; Taşdemir, 2013), parçalanabilirlik (Gama, 1996), patlatılabilirliğe etki eden kayaç özellikleri (Capehart ve Lilly, 2002), delme-patlatmaya etki eden parametreler (Dağçimen, 2006), patlatmanın çevre duraylılığına etkisi (Kesimal vd., 2008), kaya kütle özelliklerinin patlatmaya etkisi (Kılıç vd., 2009), patlatma deliklerinde farklı sıkılama yönteminin patlatma verimine etkisi (Cevizci, 2010), delme-patlatma işlemlerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemleri (Kılıç ve Kahraman, 2016) gibi oldukça geniş bir alanda araştırmalar yapılmıştır. Çalışılan konuların uygulamada mühendis ve ateşçiler gibi teknik elemanların işlerini kolaylaştırdığı aşikârdır. Öte yandan tünel, orman, ulaşım ve yol patlatma çalışmaları gibi mühendislik işlemlerinde patlatma tasarımından ve patlayıcı maddelerin (patlayıcılar, ateşleme sistemleri, vb.) seçiminden sorumlu mühendisin unvanı ve vasıflarının ülkemiz güncel kanun, yönetmelik ve tüzüklerinde belirtilmediği görülmüştür. Özellikle patlatma kaynaklı hukuki sorunlar yaşandığında patlatma tasarımından ve kullanılacak patlayıcı madde/ateşleme sistemlerinin seçiminden sorumlu uzman kişilerin unvanları oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasının amacı; ilgili tüzük, yönetmelik ve literatürü araştırarak patlatma tasarımından ve kullanılacak patlayıcı madde/ateşleme sistemlerinin seçiminden sorumlu yetkin mühendislerin unvan, yetki ve sorumluluklarını araştırmaktır. Bu kapsamda patlatma tasarımından sorumlu olacak kişi veya kişilerin unvanlarının ne olabileceği ile

ilgili çıkarımlar yapılmıştır. Ayrıca, yönetmelik ve tüzüklerde yer alan patlatma öncesi ve sonrası alınması gereken gerekli tedbirlere de bu tez kapsamında değinilmiştir.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Jimeno vd. (1995) yaptıkları çalışmada; kayaçların patlatılabilirliği üzerinde daha fazla etkisi olan kayaç parametrelerinin (yönelim, sedimanter yataklanma tabakalarının kalınlığı, çatlak dolgu malzemesinin cinsi, kayacın dayanımı, kaya kütlelerinin homojenliği, çatlakların sıklığı gibi) patlatılabilirlik üzerinde etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Gama (1996) yılında yapmış olduğu çalışmada; parçalanabilirlik ifadesini belirtmiş ve bu kavram hakkında bir formül geliştirmiştir. Tanımladığı bu ifadeyi, kayacın özelliklerine bağlı olmayan ve bir ton kayayı patlatmak için ihtiyaç duyulan patlayıcı enerjisini kullanarak değerlendirmiştir. Böylece bu göstereyi belirlemede kayanın patlayıcı madde altındaki parçalanmasını göz önünde bulundurmıştır. Bu gösterge değerini kullanarak patlatmanın sonuçlarını tahmin edebileceğini vurgulamıştır.

Yılmaz vd., (2005) yapmış oldukları bildiriye; Doğu Karadeniz Bölgesinde üretim yapan taşocaklarının neden olduğu sorunları ele almışlar. Özellikle de taşocaklarından kaynaklanan çevresel etkiler konusunda gerekli incelemeleri yaparak bu tür etkilerin çözümü için önerilerde bulunmuşlardır. Çevresel etkiler tamamen azalmasa bile en azından kabul edilebilir sınırlara indirilmesi için kullanılan galeri patlatma yönteminin, kademeli üretim yöntemi ile değiştirilmesini önermişlerdir.

Cihangir vd., (2006) yapmış olduğu çalışmada; kalker ocağında yapılan patlatma işlemlerinin ardından meydana gelebilecek çevresel sorunların (gürültü ve yer titreşimleri gibi) mevcut ocak sınırları çevresinde kalan yerleşim yerleri üzerindeki etkilerini araştırmış ve bu tür patlatma kaynaklı çevresel etkileri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için yapılan patlatma tasarımının geliştirilmesini amaçlamıştır. Ocak sahasında yapmış oldukları 73 ölçüm ile ölçekli mesafe, titreşimin frekansları, parçacık hızı, yer değiştirme ve ivme gibi parametreler arasındaki ilişkileri incelemiş ve uluslararası standartlarla karşılaştırarak hasar normları içindeki yerlerini tespit etmeye çalışmışlardır.

Dağçimen (2006) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında; delme ve patlatma işlemleri üzerinde etkili olan parametreleri incelemiştir. Patlatma tasarımlarının çabuk oluşturulması ve hesaplamalardaki hataların en aza indirilmesi için birçok yazılım incelemiş ve yapmış olduğu bu incelemeler ışığında da basamak ve tünel patlatmaları için Langefors'un yaptığı

yaklaşım ile parça-boyut dağılımı için Kuz-Ram modelini kullanarak delALPat adında yeni bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Geliştirmiş olduğu bilgisayar programı ile patlatma mühendislerine temel tasarımlarının kolay ve hızlı bir şekilde yapabilmelerini ve deneme atım sayılarının en aza indirilmesini amaçlamıştır.

Edizer (2006) sayısal yöntemlerle oluşturulan görüntüleri IMAGEJ açık kaynak kodlu yazılım programı ile analiz ederek patlatma faaliyeti sonucunda oluşan pasanın miktarını, parça boyut dağılımı gibi değerlerin elde edildiğini göstermiştir.

Cevizci (2010) doktora tezinde; patlatma deliklerinin sıkılama işlemlerinde alçı yöntemini denemiştir. Deliklerin patlatılması için ANFO ve Nonel ateşleme sistemlerini kullanmıştır. Isparta ve Konya ilinde bulunan beş farklı kireçtaşı ocaklarında inceleme ve deneme atımları gerçekleştirmiştir. Yapmış olduğu alçı ile sıkılama yöntemi ile geleneksel sıkılama yönteminden elde ettiği atım sonuçlarını birbirleri ile karşılaştırmış bunun sonucunda da alçı ile yapılan sıkılamanın patlatma verimi arttırdığını tespit etmiştir. Ayrıca bazı sahalarda alçı ile yapılan sıkılama işlemlerinden sonra yapılan atımlarda çevresel etkilerin daha az olduğu sonucuna varmıştır.

Kekeç (2010) yaptığı doktora tez çalışmasında; patlatma ile gerçekleştirilen kazı işlerinin sonucunda, meydana gelen titreşimlerin mevcut kaya kütlesi ve kaya malzemesi özelliklerine bağlı olarak, parçacık hızı değişimlerini araştırmıştır. Bu çalışmasını laboratuvar ve arazi çalışmaları olarak iki ana bölüme ayırarak incelemiştir. Arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmalarından elde ettiği titreşim değerlerini incelediğinde benzerlikler tespit etmiştir.

Arpaz vd., (2013) yaptıkları bildiri; çevre kayanın kütle özellikleri ve patlatma tasarım değerlerinin patlatmadan kaynaklanan yersarsıntıları üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla Kırka Bor Açık İşletmelerinde titreşim ölçümleri gerçekleştirmiş ve bu ölçümlerden elde ettikleri sonuçları değerlendirmişlerdir. Frekans tahmini ve tepe parçacık hızına yönelik olarak bazı patlatma tasarım verileri ve çevre kayaların özdirenç, RMR, P- ve S- dalga hızlarını da içine alan çoklu regresyon ve yapay sinir ağları modelleri oluşturmuşlardır. Yaptıkları bu modeller ile klasik değerlendirme sonuçlarını karşılaştırmışlar ve yapay sinir ağlarının yapılan diğer yöntemlere göre daha emniyetli sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varmışlardır.

Taşdemir (2013) yüksek lisans tezinde; Erzincan- Çöpler maden ocağında yapılan basamak patlatması sonucunda ortaya çıkan çevresel sorunların etkilerini gözlemlemiştir. Bu çevresel etkilerin maden ocağına yakın bir bölgede bulunan Çöpler ve Sabırlı köyleri

üzerinde nasıl etkileri olduğunu incelemiştir. Yapmış olduğu ölçümler sonucunda elde etmiş olduğu maksimum parçacık hızı ve frekans değerlerini standartlara göre değerlendirmiş ve bu değerlerin standartların altında olduğunu tespit etmiştir.

Karaman vd., (2013) kazı yönteminin (mekanize ve patlatma ile kazı) şev duraylılığı üzerine etkisini araştırmışlardır. Patlatmalı kazının, kaya kütlelerini örseleme etkisinden dolayı, mekanize kazıya kıyasla şev duraylılık olasılığını % 6–14 arasında bir değere düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Öz (2015) yüksek lisans tezi kapsamında; yerleşim bölgelerinde yapılan sert ve sağlam kaya formasyonlarında yapılması planlanan temel kazı patlatmaları sonucunda ortaya çıkabilecek çevresel etkilerini, patlatma dizaynının uygun bir tasarımla yapılması ve gerekli tedbirlerin alınması ile bertaraf edilebileceğini ortaya koymuştur. Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatında önerilmiş olan uygun patlatma tasarımını incelemiş ve patlatma sonrasında yapılan incelemelerden elde edilen veriler hem ulusal hem de uluslararası hasar normları açısından değerlendirmiş ve çevresel etkilerin en az boyutta olduğunu belirtmiştir.

Kahraman (2019) patlatma işleminden elde edilen pasanın ortalama parça boyut dağılımının mevcut kaya kütlesi özelliklerine ve patlatma parametrelerine bağlı olarak değişimlerini araştırmıştır. Çalışmayı üç aşamada gerçekleştirmiştir. Birinci aşamada, Soda A.Ş. Karadiken ve Adana Çimento Türk A.Ş. Çaldağı sahalarında yapılan patlatmaları incelenmiş ve bu atımların parça boyut dağılımlarını yazılımlar yardımıyla belirlemiştir. İkinci aşamada yapılan her patlatmadan alınan kayaç özelliklerini laboratuvar deneyleri ile belirlemeye çalışmıştır. Üçüncü aşamada ise ortalama tane boyutu ile kayaç özellikleri ve patlatma tasarım parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkisi regresyon analizleri ile incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda ortalama tane boyutu ile kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri arasında istatistiksel bir ilişkinin olduğu sonucuna varmıştır.

Yılmaz (2019) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında; Niğde İli'nde üretim yapmakta olan yedi farklı taş ocağı için delme-patlatma performanslarını analiz etmiştir. Bunu yapmasındaki amacı ise patlatma işleminden sonra hidrolik kırıcının çalışma süresi üzerindeki etkisini araştırmaktır. Taş ocaklarında yapılan her bir patlatma için hidrolik kırıcının toplam çalışma süresi ve kırma hızını belirlemiştir. Aynı zamanda kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin hidrolik kırıcı performansı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Basit regresyon yöntemlerini kullanarak kayaçların dolaylı çekme dayanımı, kuru yoğunluk ve porozite, tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt sertlik deneyi, nokta yük



değerleri ile hidrolik kırıcının anlık kırma miktarları arasında eşitlikler elde etmiştir. Buna göre kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile hidrolik kırıcının kırma performansı arasında anlamlı olarak doğrusal ilişkiler tespit etmiştir.

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde bu tezin amacı ile ilgili bir çalışma yapılmadığı görülmüştür.

#### **1.4. Çalışmanın İçeriği**

Patlatma işlemlerinin yapılması sonucunda toz oluşumu, kaya fırlaması, titreşim ve gürültü gibi bazı çevresel etkiler meydana gelebilmektedir. Bu tür çevresel etkilerin oluşmaması için patlatma yapılmadan önce gerekli güvenlik tedbirleri alınmalı ve iyi bir patlatma planı hazırlanmalıdır. Eğer bu önlemler gerektiği gibi uygulanmaz ise patlatma işleminin yapılacağı bölge veya çevrede patlatma kaynaklı ciddi çevresel problemler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, patlatma işlemlerinin yapıldığı sahalara yakın yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar, yaşadıkları ortamlarda patlatma kaynaklı hasarların meydana geldiğinden şikâyet etmektedirler. Yapılan bu tür şikâyetler hem madencilik faaliyetlerinin aksamasına hem de maden işletmesi hakkında olumsuz düşüncelere sebebiyet vermektedir. Bu tür şikâyetlerin önüne geçmek için işletmenin, patlatma faaliyetlerine gereken önemi göstermesi ve gerekli güvenlik tedbirlerini alması oldukça önemlidir.

Bu tez çalışması kapsamında, yapılacak patlatma işlemlerinin sonuçlarını etkileyen ve patlatma tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler araştırılmış ve bu parametreler hakkında bilgiler verilmiştir. Patlatma işlemi, kendinden sonra yapılacak bütün madencilik faaliyetlerini de doğrudan etkilediği için patlatma tasarımının bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir. Uygun bir patlatma tasarımı yapıldığı takdirde patlatma işlemi sonucunda ortaya çıkabilecek çevresel sorunların en aza indirilebilecektir.

Bu tez kapsamında birinci bölümde çalışmanın içeriği ve amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümde ise, patlayıcı maddelerin tarihsel gelişimi, delme-patlatmanın amacı ve mühendislikteki önemi üzerinde durularak, patlatma teorisinin nasıl gerçekleştiği hakkında gerekli bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde literatür kapsamında patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler araştırılarak bu parametrelerin neler olduğundan bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, patlatma faaliyetleri sonucu ortaya çıkabilecek çevresel etkiler araştırılmış ve bu çevresel etkilerin neler olduklarına değinilmiştir.

Beşinci bölümde ise, madencilik ve diğer kazı faaliyetlerinin yapılabilmesi için ilgili kurumlar tarafından yayımlanmış olan yönetmelikler ve tüzükler incelenmiştir. Bu mevzuatlar dikkate alınarak patlayıcı maddelerin, patlayıcı üretim tesislerinden çıkışından ve maden sahasına getirilmesi (patlayıcı maddelerin taşınması ve depolanması, patlatma sahalarında kullanımı ve patlatma sonrası yapılacaklar işlemler vb.) süreçleri üzerinde durulmuştur.

Altıncı bölümde, güvenli bir patlatmanın yapılabilmesi için gerekli olan önlemlere ilaveler yapılmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur.

Yedinci bölümde patlatmalı kazıların tasarımından, patlayıcı maddelerin seçimi ve patlatma işleminden sorumlu olan kişilerin unvan, yetki ve sorumluluklarına değinilmiştir.

Sekizinci ve son bölüm olan sonuçlar ve öneriler kısmında ise patlatmalı kazı işlemlerinden sorumlu kişi veya kişilerin sorumluluk alanları ve söz konusu unvanları ile ilgili öneriler sunulmaya çalışılmıştır.

## 2. DELME VE PATLATMA İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

### 2.1. Patlayıcı Maddelerin Tarihsel Gelişimi

Patlayıcı maddeler yapıları gereği oksijen taşıyan, yanıcı ve enerji veren, vb. değişik özelliklerde olabilen kimyasal maddelerdir. Bileşimlerinde sahip oldukları enerji miktarı, patlatma işlemi sonucunda açığa çıkardıkları ısı ve basınç, yüksek gaz hacminden dolayı kaya parçalama işlemlerinde yaygın olarak kullanılan maddeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Alabaş, 2010).

17. yüzyılın başında kara barutun keşfedilmesi ile birlikte kaya patlatma ve gevşetme işlemlerinde yakma yerine patlatma faaliyetleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu işlemde önce kullanılan kayayı önce ısıtma ve ardından soğutarak çatlatma yöntemi, özellikle maden çevresinde ağaçların bulunmadığı durumlarda ekonomik olmamaktadır. Bu nedenden dolayı kara barut, madencilik alanında yaygın kullanım kazanmaya başlamıştır. İlk zamanlarda kara barutun yemleme işlemi sırasında çeşitli zorluklar ve kazalar meydana gelmekteydi. 1831 yılında William Bickford'un emniyetli fitili üretmesi, yemleme işlemlerinin emniyet ve güvenirliliğini artırmıştır (Alabaş, 2010).

1846 yılında Ascanio Sobrero nitrogliserini keşfetmiştir. Ancak nitrogliserin üretim ve kullanım açısından riskler doğurduğu için yaygın bir kullanım alanı bulamamıştır. Nitrogliserinin güvenli üretimi ve kullanımı 1846 yılında Alfred Nobel'in ilk nitrogliserin üreten fabrikayı kurması ile mümkün olmuştur. Bunun sonucunda nitrogliserin tüm dünyaya yayılmaya ve kullanılmaya başlamıştır. Alfred Nobel'in amacı nitrogliserini daha emniyetli bir şekilde üretmek ve kullanımındaki tehlikeleri en aza indirmektir. Bu amaçla yapmış olduğu çalışmalar sonucunda 1866 yılında nitrogliserini absorbe eden Kieselguhr keşfetti. Kieselguhr ve nitrogliserinin şoka karşı daha az hassas olduklarını fark etti. Bunun sonucunda dinamit keşfedilmiş oldu. Dinamit, kara baruta oranla 20 kat daha güçlü bir patlayıcı madde idi. 1868 yılında Alfred Nobel kapsülü keşfederek, kapsülü nitrogliserinin yemlemesinde emniyetli fitil ile beraber kullandı. 1875 yılında nitroselülozu nitrogliserine çözdürerek jelatin bazlı patlayıcıların temeli atılmış oldu (Şen, 2013).

Dinamitin keşfedilmesinden sonra dinamiti yemlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 20. yüzyılın başlarında elektrikli kapsüller bulunmuştur. 1922 yılında (1 saniye gecikmeli) kapsüller kullanılmaya başlandı ve 1940 yılında ise daha kısa gecikme süreli

(10-100 milisaniye) kapsüller kullanılmaya başlandı ve bu kapsüller modern patlatma tekniğinde en büyük gelişme oldu.

Bu gelişmelerden sonra madencilik sektöründe dinamitin hakim olarak kullanıldığı görülmektedir. 1950'lerin başlarında kazara amonyum nitratın patlama özelliği keşfedilmiş oldu. Bunun sonucunda madencilikte ve patlayıcı madde kullanılarak yapılan patlatmalı kazı çalışmalarında yeni bir dönem başlamış oldu. Amonyum nitrat kullanılarak yapılan çalışmalar sonrasında, Robert W. Akre, akremite adlı kolay hazırlanabilen ve karbon ile amonyum nitrat karışımından oluşan bir patlayıcı madde keşfetti (Dannenber, 1982). Yapılan bu keşiften kısa zaman sonra Amerika'da fuel oil ile amonyum nitrat karışımından oluşan bir patlayıcı madde üretilerek piyasaya sürüldü. Piyasaya sürülen bu yeni patlayıcı madde ANFO olarak adlandırıldı. Üretilmesindeki ve kullanımındaki kolaylık ile ekonomiklik açısından madencilik sektöründe en yaygın patlayıcı madde olarak kullanılmaya başlandı (Şeran ve Akay, 1999).

Slurry karışımlar, temelde amonyum nitrattır. Fakat slurry patlayıcılarda yüksek konsantrasyonlu amonyum nitrat ve diğer nitrat tuzları çözeltisi, kimyasal koloidal maddeler kullanılarak kıvamlı bulamaç haline getirilmektedir. Söz konusu maddeler karışımın içine su girmesini yavaşlatmakta ve böylece karışım sulu deliklerin içerisinde belli bir süre bozulmadan kalabilmektedir. Slurry karışımlarının içerisine patlayıcıların gücünü arttırmak için MAN, trinitrotoluen (TNT), alüminyum tozu gibi enerji verebilen maddeler ilave edilmektedir (Alabaş, 2010).

Slurry patlayıcılardan sonra emülsiyon patlayıcılar keşfedilmiş ve piyasaya sürülmüştür. Emülsiyonlarda amonyum nitrat tuzları çözeltisine ilave olarak emülsifyerler kullanılarak suya karşı direnci arttırılmıştır. 1970 yılında ise elektriksiz ateşleme sistemleri geliştirilerek elektrikli ateşleme sistemlerinin sapma hataları ve dış etkenlerin sebep olduğu etkiler en aza indirilerek daha güvenilir ve kontrol altında gerçekleştirilen patlatma işlemleri yapılması sağlanmıştır. 1970 yılında emülsiyon ve 1980 yılında ağır ANFO'nun keşfedilmesiyle gelişerek devam eden patlayıcı madde endüstrisi zamanla güvenlik, kontrol, verimlilik ve patlatma maliyeti göz önünde bulundurularak gelişmeye devam etmiştir (Alabaş, 2010).

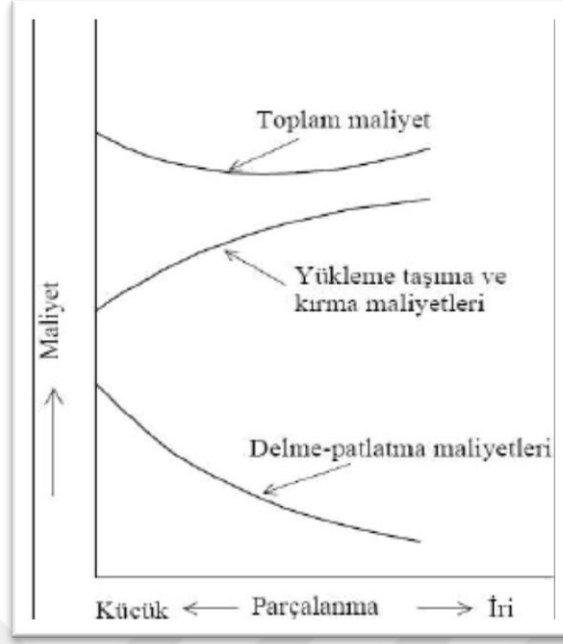
1979 yılında bulunan ve AR-GE çalışmaları günümüzde de devam eden elektronik kapsüller patlatma kontrolünü, patlatma mühendisine vermesi açısından sektöre önemli katkılar sağlanmış ve çok daha hassas noktalarda patlayıcı kullanımının önünü açmıştır.

Ateşleme sistemleri ve patlayıcı malzeme türleri konusunda çeşitli çalışmalar devam etmektedir (Yurttaş vd., 2015).

## **2.2. Delme-Patlatmanın Amacı ve Mühendislikteki Önemi**

Patlatma işleminden beklenen, kayayı patlatıp istenilen gevşeklikte bir yığın elde etmek ve kayayı belirli bir mesafeye kadar öteleyebilmektir. Başta maden sektörü olmak üzere kazı faaliyetleri yapan diğer sektörler de patlatma işlemine gerek duymaktadırlar. Patlatma işleminin başlı başına oldukça ciddi bir maliyeti olduğu için ve kendisinden sonra yapılacak birçok işlemi de etkilediğinden, patlatma faaliyeti önemli bir değerlendirme olarak görülmelidir. Ayrıca patlatma işlemi üzerinde teknik ve ekonomik yönden çalışılmaların yapılması gerekir. Ancak işletmelerin, maliyeti belirlemek için yapmış olduğu analizlerinde, delme ve patlatma maliyetlerinin ayrı bir şekilde incelenmesi, analizler sonucunda ulaşılan maliyet başarısının açık bir şekilde görülmesini engelleyebilmektedir. Bu yüzden maliyet analizi yapılırken, uygulanan bütün madencilik faaliyetlerinin bir arada değerlendirilmesi, sonucu daha iyi ortaya koyacaktır (Dağçimen, 2006).

Delme ve patlatma faaliyetlerinde hedeflenen en az maliyet, birbirini takip eden teknolojik işlemlerin maliyetlerinde ciddi artışların olmasının göz ardı edilmesine sebep olabilir. Patlatma işleminin maliyeti genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonu şeklinde ifade edilebilir (Hoek ve Bray, 1991). Maliyet ilişkisi ve parçalanma derecesi Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Maliyet ilişkisi ve parçalanma derecesi (Hoek and Bray, 1991)

Yapılan maliyet analizleri sonucunda elde edilecek en elverişli sonucun nasıl olacağını tespit edilmesi hem patlatma işleminin hem de ardışık işlemlerin birlikte ele alınması ile mümkün olabilmektedir. Delme-patlatma işlemleri istenilen koşullarda gerçekleştirildiğinde; yükleme, taşıma, kırma ve öğütme, hatta reklamasyon işlemlerindeki maliyetlerde azalma ve bundan ötürü toplam sonucun pozitif bir gelişim göstermesine olanak sağlar (Dağçimen, 2006).

Yukarıda belirtilenler ışığında delme-patlatmanın önemi aşağıdaki maddelerde açıkça ortaya koyulmaktadır (Kahrıman, 2003).

- Ekonomik sonuçların elde edilmesi,
- Birbiri ardına yapılacak işlemlerin organize edilmesinde kolaylık,
- Ekipman seçiminin en uygun seviyeye getirilmesi,
- Zamanın etkili bir şekilde kullanılması,
- Niteliklere uygun olan malzeme temini,
- İş makinelerinin çalışma performanslarında iyileştirme,
- Kapasitede meydana gelecek artış,
- Teknik verimliliğin arttırılması,
- Güç kullanımında konsantrasyon,

Maden mühendisi açısından bakıldığında patlatma işlemi madencilik faaliyetlerinin en önemli basamağını oluşturmaktadır. Delme-patlatma işlemleri %5-40 arasında bir maliyet oluşturabilmektedir. Bu değerler iyi bir mühendis tarafından yapılan optimizasyon çalışmaları ile daha düşük seviyelere çekilebilmektedir. Bazı işletmelerin yapmış oldukları deneysel çalışmalar ile bu değerlerin %10-20 sınırlarına kadar düşürülebileceği gözlemlenmiştir (Bağdatlı, 2013). Bu ifadelerden de anlaşılacağı üzere, delme ve patlatma faaliyetleri, temel mühendislik hizmetleri gerektirmektedir. Mühendis tarafından yapılan tasarımlar; ekonomik ve teknik açıdan verimli olmak zorundadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, tasarımı yapacak olan mühendisin sorumluluklarını şu şekilde sıralayabiliriz (Dağçimen, 2006).

- ✓ Üretim konusunda geçmişe ve geleceğe dönük durumları açık olarak analiz edebilmek, bu olaylar çerçevesinde sorumlu bulunduğu üretim birimi ile ilgili yapılacak tüm gayeleri belirlemektir.
- ✓ Üretim biriminin yaptığı çalışmalara yönelik, farklı seçenek olabilecek yaklaşımları tespit etmek ve yeni yaklaşımlar geliştirmek, geliştirilen bu yaklaşımları amacına hizmet edecek şekilde değerlendirmek, seçmek ve gerekli olan kararları almaktır.
- ✓ Alınan kararlar doğrultusunda geliştirme planlarını hazırlamak ve gerekli olan bütün çalışmaları yapmak.
- ✓ Tüm bu işlemlerin neticesinde vermiş olduğu karara uygun üretim sistemini uygulamaya almak ve dolayısıyla üretimi planlanan amaçlara uygun bir şekilde gerçekleştirmek ve gerekli kontrolleri yürütmektir.

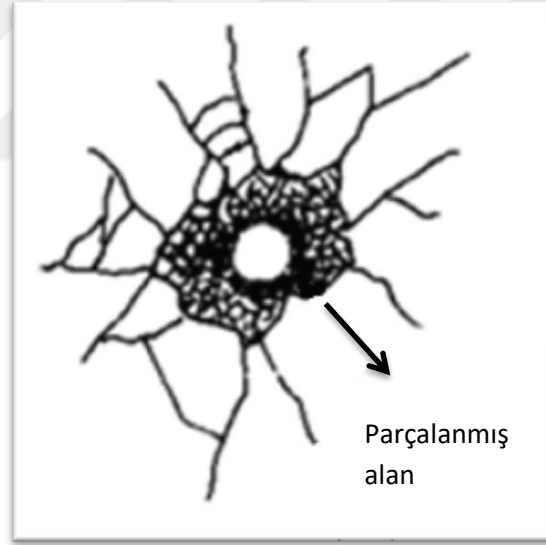
Mühendisin delme-patlatma maliyetlerini en aza indirmesi için yapacağı çalışmaların yanında işçi sağlığı, iş güvenliği ve çevre koşullarını da dikkate alarak patlatma işleminin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için, yerine getirmesi gereken sorumlulukları bulunmaktadır. Bir mühendis hem istenilen parça boyutunda yeterli malzemeyi üretim için hazır hale getirmeli, hem de patlatma işlemini güvenli ve ekonomik açıdan kontrol altında tutmalıdır. Bir mühendis çalışmış olduğu işletme için en uygun olacak patlatma koşullarını araştırırken belirtilen mevcut tasarım yöntemini uygulamalı ve ekonomik analizi gerekli olan performans etütleri ile beraber yapmak zorundadır (Kahrıman, 2004).

### 2.3. Patlatma Teorisi

İçerisine herhangi bir patlayıcı madde yerleştirilmiş olan patlatma deliği ateşlendiğinde saniyenin binde birinden çok daha kısa bir zamanda yüksek basınç ve ısıda, çok yüksek miktarlardaki gazların açığa çıkması ile sonuçlanan hidrodinamik reaksiyonlar meydana gelmektedir (Bhandari, 1997).

Patlatma yapılacak kaya kütesine yerleştirilen patlayıcı maddelerin ateşlenmesi sonucunda, kayada meydana gelebilecek parçalanma olayı üç temel aşamada gerçekleşmektedir (Olofsson, 1988).

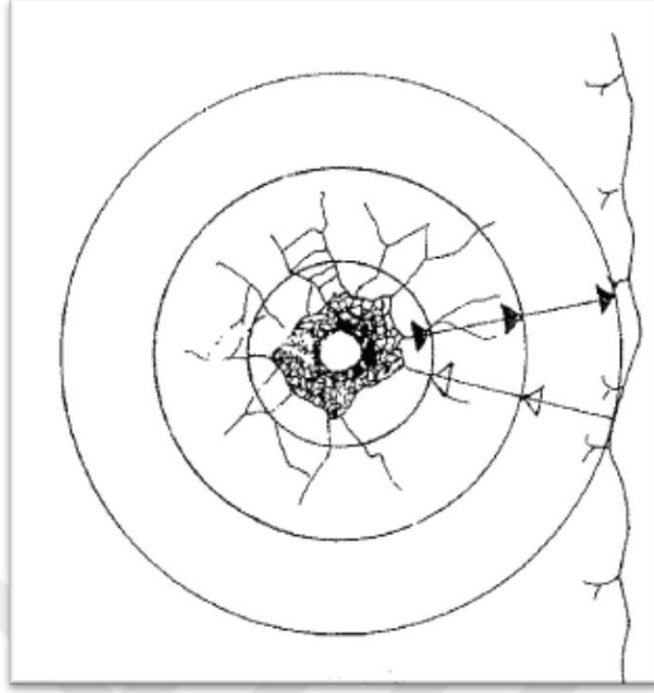
Birinci aşamada; ateşleme işleminin başlaması ile birlikte patlatma delikleri parçalanarak patlatma duvarına doğru genişlemeye başlar. Bu durum yüksek basınçlı patlamadan dolayı meydana gelir. Patlatma deliğinin parçalanması ve genişlemesi ile ilgili gösterim Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Patlatma deliğinin parçalanması ve genişlemesi  
(Olofsson, 1988)

İkinci aşama; sıkıştırıcı basınç dalgaları, patlatma deliğinden kayadaki ses hızına eşit bir hız ile diğer yönlere doğru bir yayılım gösterir. Bu sıkıştırıcı basınç dalgaları serbest kaya yüzeyinden yansıdığı anda, patlatma deliği ve serbest yüzey arasındaki kaya kütesinde çekme gerilmesinin oluşmasına neden olur. Şayet kayanın çekme dayanımı aşırsa, kaya yük alanında kırılır. Sıkıştırıcı etki gösteren basınç dalgaları Şekil 2.3' de verilmiştir.



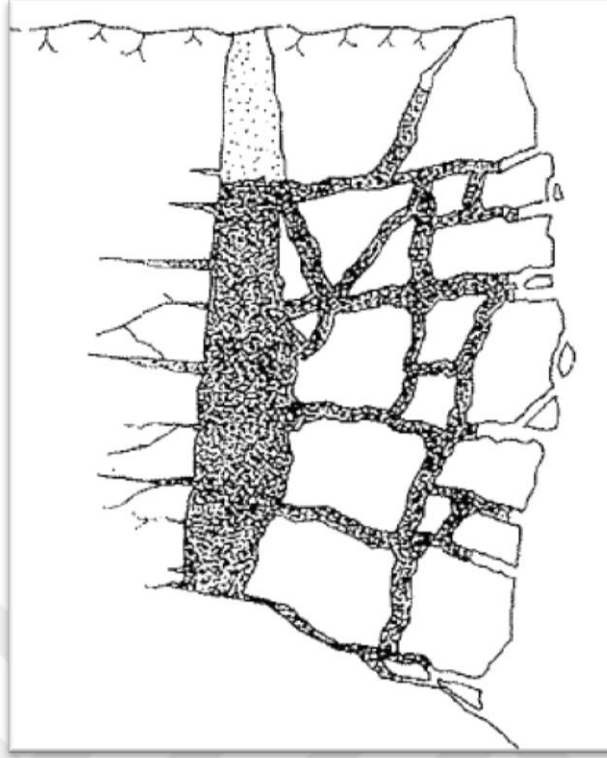


Şekil 2.3. Sıkıştırıcı etki gösteren basınç dalgaları (Olofsson, 1988)

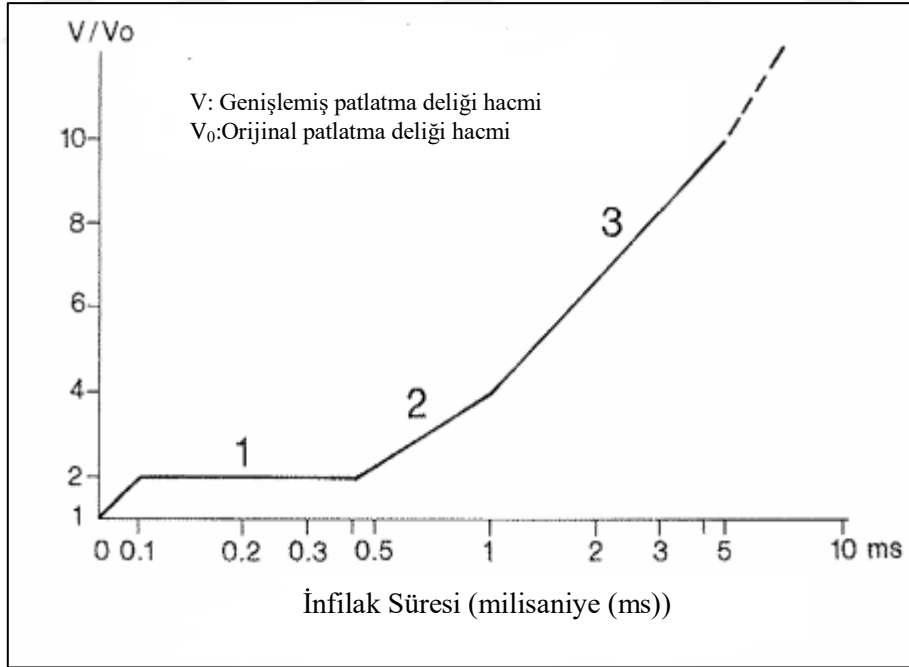
Son aşama; Yayılan gaz basıncı yüksek basınç altında kırık formasyonlara girerek çatlaklar içerisinde ilerlemeye devam eder. Patlatma deliği ve serbest yüzey arasındaki mesafe doğru bir şekilde hesaplanırsa, patlatma deliği ve serbest yüzey arasındaki patlamış kaya kütlesi birikecek ve ileriye doğru ötelenecektir.

Kaya kütlesi içerisindeki süreksizlikler yeryüzüne kadar devam ediyor ise, gaz basıncı atmosfere kadar ulaşacak, basınç azalacak, malzemenin parçalanması ve kırılan malzemenin yer değiştirme mesafesi düşecektir (Olofsson, 1988). Kırılan kaya içerisindeki gazın yayılımı ile ilgili gösterim 2.4'de verilmiştir.

Patlatma reaksiyonunun hızı, patlatma deliği içerisinde oldukça hızlıdır. Beş (5) milisaniye gibi kısa bir sürede patlatma deliğinin hacmi mevcut durumunun 10 katı kadar genişleyebilir. Patlatma deliklerinin patlatma zamanına bağlı olarak nasıl genişlediği ve değiştiği aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Patlatma deliklerinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Kırılan kaya içerisinde gazın yayılımı (Olofsson, 1988)



Şekil 2.5. Patlatma deliklerinin zamana bağlı olarak değişimi (Olofsson, 1988)

Yukarıdaki şekilde 1, 2 ve 3 ile gösterilen bölgeler aşağıda açıklanmıştır.

1.Bölge: Kayayı parçalayacak olan şok dalgalarının oluşması: Bu aşamada patlatma deliğinin orijinal hacmi yaklaşık olarak iki katına çıkmaktadır. Patlatma delikleri, radyal çatlaklar oluşmaya başlamadan önce uzun süre sabit olarak bu hacimde kalacaklardır.

2. Bölge: Patlatma deliği etrafındaki doğal deliklerin yanı sıra, patlatma deliği çevresindeki basınç alanı arasındaki etkileşim ile yeni çatlaklar meydana gelir ve açığa çıkan şok dalgasının serbest yüzeyden yansımaları ile de çekme gerilmeleri oluşur. Reaksiyon ürünleri, patlatma deliğinden çatlakların içerisine doğru genişlemeye başlar ve bu olay sonucunda parçalanma başlamış olur.

3. Bölge: Gaz basıncı daha hızlı genişleyerek kaya kütlesi hareket etmeye başlar (Olofsson, 1988).



### **3. PATLATMANIN SONUÇLARINI ETKİLEYEN PARAMETRELER**

Patlatma olayının verimliliğini ve patlatma sonucu meydana gelebilecek bazı çevresel sorunları etkileyen birçok parametre vardır (Uyar, 2017). Bunlar, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler olarak ikiye ayrılır.

#### **3.1. Patlatma Tasarımında Kontrol Edilebilen Parametreler**

Maksimum performans ve minimum çevresel sorun, istenilen patlatmaların sonucunu doğrudan etkileyen parametrelerdir.

İstenilen boyutta parçalanmış, kazılabilecek ve yüklenebilecek gevşeklikte ve yükseklikte bir yığın oluşturabilmek ve patlatma anında hem çalışan personele hem arazide bulunan makinelere hem de çevreye zarar vermemek birçok faktöre bağlıdır (Hoek ve Bray, 1981).

- Patlayıcı maddenin miktarı ve dağılımı,
- Ateşleme ve yemleme düzeninin etkileri,
- Gecikme zamanının etkileri,
- Ateşlemede yapılacak ateşleme sırasının etkileri,
- Patlayıcı deliklerinin yeri, eğimi, boyu ve çapı,
- Patlatma geometrisi,
  - ✓ Seçilen delik düzeni tipinin etkileri,
  - ✓ Basamak aynalarının şekil ve durumları,
  - ✓ Delik taban payının etkileri,
  - ✓ Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığının etkileri,
  - ✓ Atım grubunun şekli ve boyutlarının etkileri,
  - ✓ Sıkılama malzemesinin ve sıkılama boyunun etkileri gibi sıralanabilir.

##### **3.1.1. Patlayıcı Maddenin Miktarı ve Dağılımı**

Patlayıcı maddelerin her biri kendine has özellikler taşımaktadır. Bir patlayıcı maddeden istenilen, uygun boyutta kayayı parçalaması ve kayayı ötelemesidir. Patlayıcı madde delik içerisinde ne kadar iyi dağıtılmış ise o kadar iyi parçalanma elde edilmektedir

(Bilgin, 1986). İşletme maliyetlerinde ekonomiklik, patlatma işleminin doğru ve hassas bir şekilde yapılabilmesi ve patlayıcı maddelerden maksimum verimin alınması ancak doğru bir patlayıcı maddenin seçimi ve uygun delik geometrisi ile sağlanabilir (Bilgin vd., 1993). Patlayıcı madde seçimi açısından tüketiciler, yapacakları pilot çalışmalar ile kaya yapısının birim hacminin patlatılıp ötelenebilmesi için hangi patlayıcıdan ne kadar kullanacaklarını saptayabilirler. Patlayıcının kullanımı ve elde edilen özgül delik parametresi de dahil edilerek bir maliyet analizi yapılabilir. En uygun maliyeti veren ve patlatma verimini olumlu yönde etkileyecek olan patlayıcı, iş yeri için en uygun patlayıcıdır. Ekonominin yanı sıra güvenlikte göz önünde bulundurulması gereken diğer bir husustur. Amaca hizmet eden en ekonomik ve güvenli patlayıcıyı temin etmek gereklidir (Uyar, 2017).

### **3.1.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi ve Özellikleri**

Optimum bir patlatma sonucu ve ekonomisi önce uygun bir patlayıcının seçimi ile mümkündür. Maden mühendisinin veya bir patlatma mühendisinin dikkat etmesi gereken ilk durum, patlatılacak kayanın ne tür patlayıcı özellikleri gerektiğinin belirlenmesidir. Sert kaya formasyonlarında, şok enerjisinin fazla olması, yumuşak ve orta sertlikteki kaya formasyonlarında ise taşıma enerjisinin fazla tutulması uygun patlayıcı seçiminde yol göstericilerdir (Toprak, 2012).

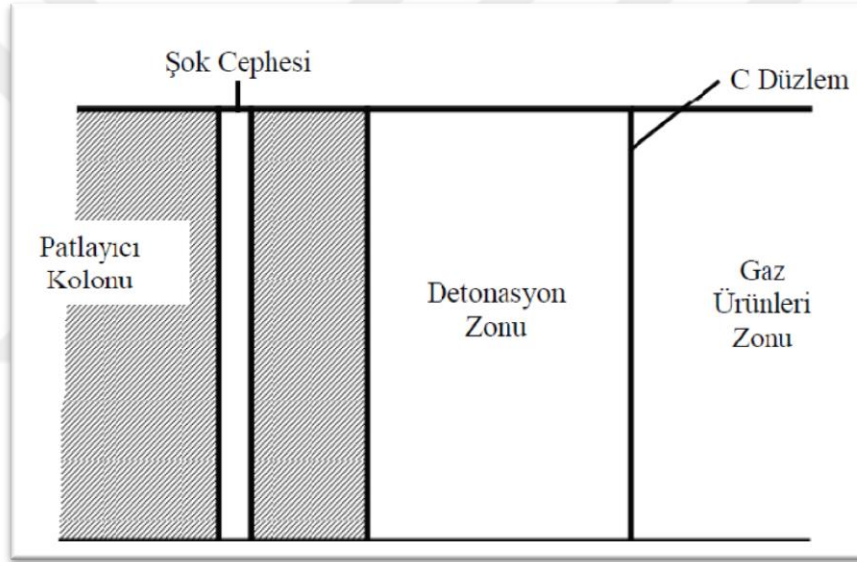
Patlayıcı maddedeki toplam mevcut kimyasal enerjinin şok ve taşıma bölümleri arasındaki dağılımı direkt olarak patlayıcının ne kadar ideal olduğu ile ilgilidir. Patlayıcı madde idealleştikçe, şok enerjisinin, taşıma enerjisine oranı büyür. Bir başka şekilde açıklamak gerekir ise, ANFO gibi yüksek derecede ideal olmayan patlayıcıların yumuşak kayalarda, dinamit ve emulite gibi daha ideal patlayıcıların orta sertlikte ve sert kayalarda kullanılması en verimli sonuçları vermektedir (Tosun, 1991).

#### **3.1.2.1. Detonasyon Hızı**

Detonasyon hızı, patlatma sonucu meydana gelen infilak dalgalarının birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanabilir ve m/sn cinsinden ifade edilmektedir. Patlayıcı maddelerin detonasyon hızları patlayıcı maddenin yoğunluğuna, şarjın çapına, patlayıcı partikül boyutu ve sıkıştırma gibi etkilere bağlı olarak değişebilir. Yoğunluk ve şarjın çapı

arttırılarak, sıkıştırma etkisi oluşturularak ve partikül boyu azaltılarak detonasyon hızı yükseltilebilir (Toprak, 2012).

Kayacın özelliklerine uygun patlayıcı seçimi yapılırken detonasyon hızı da kesinlikle göz önünde bulundurulacak parametredir. Kaya kütle özelliği sert bir formasyona sahipse detonasyon hızı yüksek patlayıcı kullanılmalı, eğer kaya kütle özelliği yumuşak bir formasyonda ise detonasyon hızı daha düşük olan patlayıcılar kullanılması gerekir. Detonasyon hızının yüksek olması, pratikte patlayıcının kuvvetli olduğunun bir işaretidir (Kekeç, 2010). Patlayıcı maddeler sütunu içerisinde oluşan detonasyon elemanları Şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.1. Patlama sırasında oluşan detonasyon zonları (Köse vd., 2001)

Bu grafiğe göre; şok cephesi, şok bölgesi, detonasyon bölgesi ve gaz ürünleri bölgesi şeklinde sınıflandırılabilir. Her patlayıcı maddenin kendine ait bir detonasyon zon uzunluğu vardır. Bu nedenle detonasyon patlayıcı maddelerin özelliklerinin belirlenmesinde rol oynayan bir parametre olmaktadır. Detonasyon zon uzunluğu fazla olan patlayıcı maddelerin parçalama ve kırma özelliğinin fazla olmasına karşın, düşük olan patlayıcıların ise öteleme ve yığma özellikleri daha fazladır (Meyer, 1977).

### 3.1.2.2. Yoğunluk

Yoğunluk, patlayıcı maddelerin birim hacmini ifade eder. Detonasyon işlemi gerçekleştiği sırada birim zamanda reaksiyona girecek olan kütleli gösterir. Yoğunluk, patlayıcının duyarlılığının oluşmasında ve detonasyon basıncının meydana gelmesinde mühim bir rol oynar. Genel bir şekilde ifade etmek gerekir ise, yüksek yoğunluğa sahip olan patlayıcı madde daha fazla enerji üretimini gösterir (Şeran ve Akay, 1999). Artan yoğunluk ile birlikte infilak basıncı da artar. Düşen yoğunluk ile artan porozite, patlayıcı maddenin yapısındaki alanı arttırmaktadır. Yüzey alanı arttıkça infilak hızı da artmaktadır (Uyar, 2017). Yoğunluk patlatma tasarımlarında göz önünde bulundurulacak diğer bir parametredir.

### 3.1.2.3. Suya Karşı Dayanıklılık

Patlayıcı maddelerin yapısal olarak bir değişme olmaksızın su içerisinde kalabilmesi, patlayıcı maddenin suya karşı olan dayanımını belirtmektedir. Ortamda bulunan su, patlayıcı maddeler içerisinde bulunan tuzların çözülmesine neden olur ve bu da patlayıcının yapısını bozar. Ayrıca suyun basıncı sebebiyle hava baloncuklarının miktarı ve büyüklüğü azalarak patlayıcı maddenin hassasiyeti zayıflamış olur. Bu sebeple patlayıcının verimi düşer (Toprak, 2012). Dinamitler ve patlayıcı karışımları (ANFO) suya dayanıksızdır. Sulu deliklerde kullanılacak emülsiyon tipi patlayıcılar geliştirilmiştir.

Patlayıcı maddenin suya karşı dayanıklılık özelliklerinin iyi bilinmesi uygulama esnasında uygun patlayıcı maddenin seçimi açısından oldukça önemlidir. Sulu ve nemli deliklerde suya karşı dayanıksız bir patlayıcı madde kullanılması patlatma verimini düşürmesinin yanı sıra patlatmanın gerçekleşmesini önleyebilir, yüksek maliyet ve risklere neden olabilir.

### 3.1.2.4. Dona Karşı Dayanıklılık

Sıcaklığın sıfırın altına düştüğü durumlarda, patlayıcının sahip olduğu bu özellik önem kazanmaktadır. Bazı patlayıcılar soğuk ve don olan havalarda kendi özelliklerini kaybedebilirler. Örneğin; nitrogliserinli patlayıcıların dona karşı duyarlılığı azdır ve soğuk

havalarda tehlikeye sebep olabilirler. Bu nedenle kış aylarında nitrogliserinin yanında nitroglikol maddesi de dinamitin içerisinde ilave edilmelidir (Toprak, 2012).

### **3.1.2.5. Duyarlılık ve Patlama Özelliği**

Duyarlılık, bir patlayıcı maddenin patlayabilmesi için gerekli olan minimum enerji ihtiyacı olarak tanımlanabilir. Patlayıcı maddenin güvenli bir şekilde hazırlanabilmesi oldukça önemli bir parametredir. Patlayıcı maddeleri kapsüle duyarlı ve kapsüle duyarsız olarak iki gruba ayırmamız mümkündür. Örneğin; nitrogliserin bazlı dinamitler yüksek duyarlılığa sahip oldukları için yemlemeye gereksinim duymadan sadece kapsülle patlatılabilirler. Fakat ANFO gibi duyarlılığı düşük olan patlayıcıların ise yemlemeye ihtiyaçları vardır. Patlayıcı maddelerin, özellikle darbeye ve sürtünmeye karşı olan duyarlılıklarının bilinmesi, bu maddelerin taşınması, depolanması ve deliklere şarjı sırasında oluşabilecek tehlikelerin bertaraf edilmesi ve emniyet açısından oldukça önem arz etmektedir (Kekeç, 2010).

### **3.1.2.6. Patlayıcı Maddenin Gücü**

Belirli bir ağırlıktaki patlayıcı maddenin sahip olduğu enerji miktarı o patlayıcı maddenin gücünü ifade etmektedir. Patlayıcı maddenin gücü, artan detonasyon hızı ile orantılı olarak artmaktadır (Toprak, 2012).

### **3.1.2.7. Oksijen Dengesi**

En fazla enerji, oksijen dengeli patlayıcı maddelerden çıkmaktadır. İdeal olmayan infilak koşullarında (delikte su olması, yetersiz yemleme, yetersiz delik çapı gibi) az miktarda da olsa zehirli- zararlı azot oksit ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), amonyak ( $\text{NH}_4$ ), karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksit ( $\text{CO}$ ) ve metan ( $\text{CH}_4$ ) gibi gazlar açığa çıkabilir. Bunun önüne geçebilmek için ticari patlayıcı madde formülleri daima oksijen dengeli karışımlar hazırlamayı tercih ederler (Uyar, 2017).

Oksijen dengesi özellikle yer altında yapılan patlatmalarda önem arz etmektedir. Oksijenin fazla olması azot oksitlerin oluşmasına, oksijenin azlığı ise karbon monoksit oluşmasına neden olur. Bu nedenle oksijen dengesi patlayıcının reaksiyon sonrası ürettiği



zehirli gaz seviyesini belirler. Açık işletmelerde patlatma sonucu açığa çıkan gazlar hızlı bir şekilde yayıldığı için çok nadir olarak sorun ortaya çıkarmaktadırlar (Coşkun, 2001).

### 3.1.2.8. Depolama Ömrü

Patlayıcı maddenin stoklanabilme ömrü olarak ifade edilebilir. Patlayıcı maddeler depolarda uzun süre bekletilebildikleri için, depolama ömürleri önem kazanmaktadır. Nitrogliserin bazlı patlayıcılar, uzun süre depolarda bekletildiklerinde bünyelerinde bulunan hava kabarcıkları ayrılarak patlayıcının ateş alma hassasiyetini bozar. Bu nedenle depolama sıcaklığı 32 dereceyi geçmemelidir. Bunun yanında 32 derece amonyum nitrat için kritik değerdir. Bu değer üzerinde amonyum nitrat bozulur. Diğer önemli parametre ise ortamın nem derecesidir. Bazı patlayıcıların bünyesinde bulunan tuz, aşırı nemden dolayı tortulaşarak sertleşmeye başlar (Uyar, 2017).

### 3.1.3. Patlatma Geometrisi

Patlaması yapılacak bölge için en önemli parametrelerden birisi de uygun bir delik tasarımının yapılmış olmasıdır. Delik tasarımı patlatma faaliyeti sonucunda açığa çıkan malzeme miktarı açısından önemlilik teşkil etmesi ve patlayıcı maddelerin tümünün patlaması açısından oldukça önemlidir. Aksi takdirde düzgün yapılmamış bir delik tasarımı, patlayıcıların tamamının patlamasına engel olabilir ya da istenmeyen bir patlama gerçekleşebilir (Dağlı, 2016).

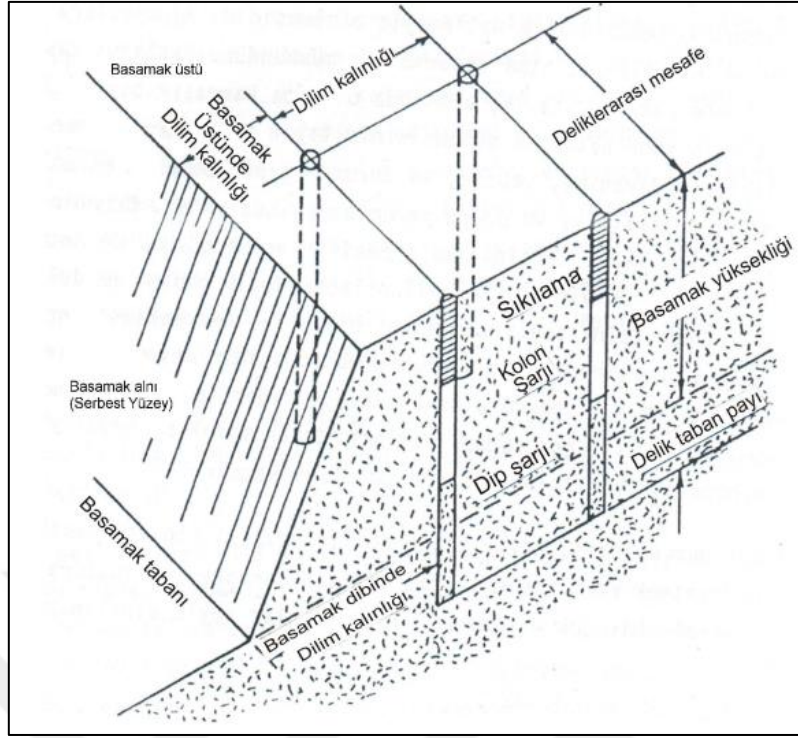
Patlatma geometrisi, delik yeri, delik eğimi, delik boyu ve çapı, dilim kalınlığı, delik düzeni, delikler arası mesafe, basamak aynasının durumu, şekli, eğimi ve yüksekliği, sıkılama payı, özgül şarj, şarj şekli, delik içi dağılımı, atım grubu boyutları, ateşleme şekli ve düzeni, delik taban payı yemleme, gecikme tipi ve süresi gibi parametreleri içerisinde bulundurulur (Kahriman, 1999).

Patlatma geometrisi içerisinde yer alan parametrelere geçmeden önce, maden ocaklarında sıkça yapılan yanlış uygulamalara değinmek faydalı olacaktır (Bilgin, 1986).

1. Deliklerin belirli bir düzen ve birbirlerinden eşit uzaklıkta delinmemesi, delik yerlerinin şerit metre ile ölçüm sonucu kazık çakılarak belirlenmemesi, bunun operatörlerin inisiyatifine bırakılması ve kontrol edilmemesi.

2. Delik boylarının patlatma öncesinde ölçülmemesi, böylece gereğinden fazla delinmiş olan deliklerin taban kısmının yeterince doldurulmaması veya kısa delinmiş olan deliklerin ise derinleştirilmemesi.
3. Delik boylarının eşit olmaması durumunda büyük çapta yersarsıntıları ve alt basamakta tırnak oluşumunun gözlenmesi.
4. Özellikle ilk atım yapılacak sıra deliklerinin dilim kalınlığına uygun seçilmemesi ve bunun sonucunda gürültü, hava şoku gibi istenmeyen çevresel etkilerin oluşması.
5. Önceden patlatılmış fakat henüz kazılıp yüklenmesi yapılmayan kaya yığınlarının engellediği atımların yapılması.
6. Patlatma delikleri içerisinde su bulunması durumunda, delik tabanının taş malzeme ile doldurularak delik derinliğinin azaltılması bunun sonucunda da patlayıcı malzemenin yüzeye daha yakın bir konuma koyulması ve tabanda patlatma sonucu tırnak kalması.
7. Delik tabanına koyulan patlayıcı madde miktarının delikte kapladığı yüksekliğin dilim kalınlığına oranının dikkat edilmemesi.
8. Yüksek basamak patlatmalarında şarjın kademeli olarak kullanılmaması, kademe şarjı konumunun ve yüksekliğin formasyona uygun seçilmemesi.
9. Sıkılama boyunun; dilim kalınlığı, delik içerisindeki patlayıcı madde yüksekliği ve delik boyu göz önünde tutularak seçilmemesi. Gecikmeli kapsüllerin çok az kullanımı veya hiç kullanılmaması.

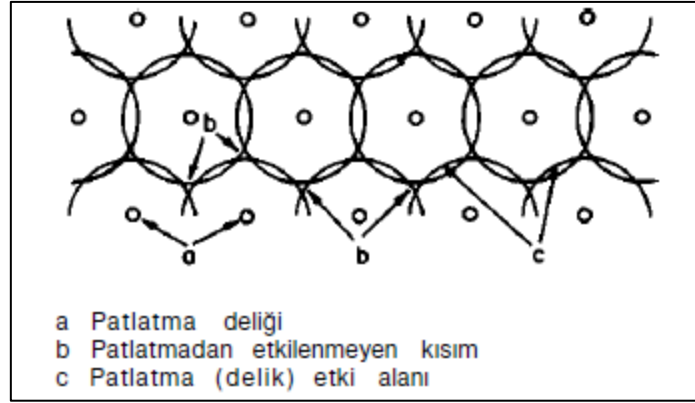
Yukarıda belirtilen yanlış uygulamaların dikkat edilmesi ve maden ocaklarında bu tür konularda gereken hassasiyetin gösterilmesi ortaya çıkabilecek bu tür sorunların bertaraf edilmesinde önemli rol oynayacaktır. Patlatma tasarımında kullanılacak parametrelerin gösterimi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



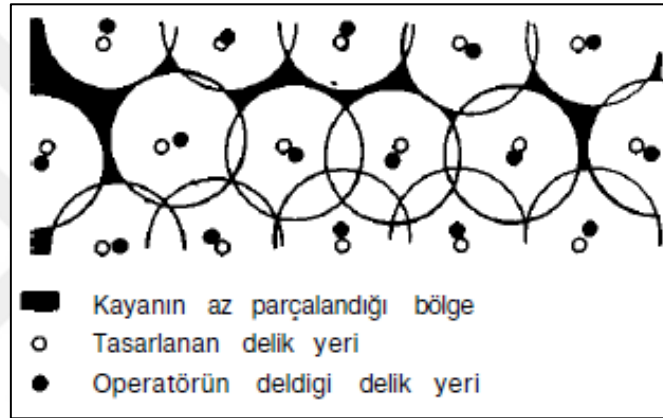
Şekil 3.2. Patlatma tasarımında kullanılan parametreler (Kahriman, 1999)

### 3.1.3.1. Patlatma Deliklerinin Yeri

Delinecek deliklerin mühendis tarafından belirlenen (üçgen, dikdörtgen, kare vb.) düzende ve birbirleri ile uygun olacak mesafede delinmesi oldukça önemlidir. Aşağıda gösterilen şekillerde delik yerinin verilen düzene göre delinmesinin ne kadar önemli olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 3.3’de düzgün bir düzen ve birbirleri ile eşit aralıklarda delinmiş olan deliklerde, her bir deliğin etki edeceği alanı kapsayan dairelerin nasıl uygun bir biçimde kesiştiklerini ve çok az miktarlarda patlatmadan etkilenmeden kalan kısım gösterilmiştir. Şekil 3.4’de ise; deliklerin delinmesi gereken yerlerin dışında delinmesi durumunda deliklerin etki alanlarının uygunsuz şekilde kesiştikleri gösterilmektedir. Bu durumlarda dairelerin fazla çakıştıkları yerlerde kayacın aşırı kırılması, dairelerin kesişmediği yerlerde ise yetersiz parçalanmanın olduğu görülmektedir. Yetersiz parçalanma bölgeleri basamak taban kısımlarında tırnak oluşumlarına, basamak üst kısımlarında ise patarlar meydana getirmektedir. Bu tür istenmeyen durumları engellemek için, delinmesi planlanan delik yerlerinin önceden ölçülüp kazık çakılarak belirlenmesi deliklerin istenilen düzende delinmelerini sağlayacaktır (Bilgin, 1986).



Şekil 3.3. Patlatma enerjisinin kaya içindeki dağılımı (Tamrock, 1984)



Şekil 3.4. Delik delme hatalarının patlatmaya etkisi (Tamrock, 1984)

### 3.1.3.2. Delik Çapı

Delik çapı seçimi patlayıcı madde miktarını, dilim kalınlığını ve delikler arası mesafeyi etkilemektedir. Ayrıca delik çapı seçimi patlatmanın verimini, patlayıcı maddenin verimini ve patlatmanın maliyetini de doğrudan etkiler. Küçük delik çapı ve dar geometri daha iyi patlatma verimi sağlar. Artan delik çapı ise patlayıcı madde miktarını arttıracak, böylece delik geometrisi genişleyecektir. Bu durumda patlayıcı madde kaya yapısını daha geniş açı ile etkileyeceği için elde edilen yığılda tane boyu, jeolojik etkenlere bağlı olarak da artacaktır. Küçük delik çapı, patlayıcı maddeyi delik içerisinde homojen olarak dağıtmak ve iyi parçalanmış kaya elde etmek açısından daha iyi olsa da, özellikle büyük boyutlu kazılarda maliyeti arttırır. Çünkü delme maliyetli bir iştir ve delik çapı küçüldükçe delik sayısı artmaktadır. Kaya yapısının aşındırıcı olması durumunda,

delik maliyeti bir işletmenin giderlerinde önemli bir kalem olabilmektedir. Ayrıca, küçük delik çapı, bazı patlayıcı maddelerin (ANFO) verimini düşürür (Uyar, 2017).

### 3.1.3.3. Patlatma Deliklerinin Eğimi

Açık işletme yöntemlerinde basamak aynaları her zaman eğimli bir şev oluştururlar. Buna karşın, açık işletmelerde patlatma delikleri genellikle dik delinmektedirler. Deliklerin dik delinmesi durumunda deliğe doldurulan patlayıcı maddenin patlatması gereken yük delik tabanında daha fazla iken deliğin üst kısmında daha az olur. Bu durum kaya fırlaması, hava şoku gibi olumsuz sorunlara neden olur (Bilgin, 1986). Diğer taraftan çok sağlam kayalar için deliklerin dik bir şekilde delinmesinin daha iyi sonuçlar verebileceği ifade edilmektedir. Şarj işleminin zor olması sebebi ile çeşitli araştırmacılar tarafından delik eğiminin olması gereken minimum değeri  $45^0$  olarak kabul görmüştür (Zeigler, 1991).

Dik olarak delinen deliklerin aksine eğimli delik delinmesi daha zor olmaktadır. Eğimli delik delinenin zor olmasının yanında birçok yararı bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür;

1. Patlatma işleminin sonucunda çok daha gevşek ve daha ince bir yığın elde edilir.
2. Sabit dilim kalınlığı verilerek delik tabanında maksimum dilim kalınlığı riskini ortadan kaldırır.
3. Alt basamakta meydana gelebilecek aşırı çatlama nedeniyle bu basamakta oluşabilecek delme zorluklarını azaltır.
4. Şarjın geri tepmesini önleyerek geri çatlama azaltır, böylece düzgün bir ayna ve duraylı şev elde edilir.
5. Daha fazla sayıda delik sırası ile atımı mümkün kılar.
6. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafelerin artışını sağlayarak patlatmanın verimini artırır.
7. Tabanda tırnak kalması ve üstte patar oluşumu gibi sorunları azaltır veya ortadan kaldırır.

Başarılı bir atımın gerçekleşebilmesi için delik eğim açısı; Olofsson (1988)  $71^0$ , Rosenberg (1970)  $65^0$ -  $75^0$  ve Gregory (1984)  $60^0$ - $65^0$  şeklinde önermektedir (Zeigler, 1991).

#### **3.1.3.4. Basamak Yüksekliği**

Basamak yüksekliği delme ve patlatma işlemlerinde önemli olduğu gibi yükleyici makineler içinde önemlilik arz eder. Basamak yüksekliğinin delik çapına oranı olması gereken en uygun seviyenin altına düştüğü durumlarda kaya fırlama olayları artmaktadır. Böyle bir durumla karşılaşılır ise sıkılama payı arttırılarak kaya fırlaması ihtimali en aza indirilmeye çalışılmalıdır. Eğer basamak yüksekliği delik çapına göre optimum seviyelerin altına düşerse delik sapmaları meydana gelebilir (Erkoç, 1990).

Delici makinaların optimum çalışabildikleri bir ayna yüksekliği olmalıdır. Derinlik olması gerekenden daha az olursa, delici makinalardan tam olarak verim alınamaz; aksine derinlik fazla olursa da delme hızı düşer, delgi ve patlayıcı madde doldurma hataları artar (Uyar, 2017).

#### **3.1.3.5. Sıkılama Boyu ve Kullanılacak Sıkılama Malzemesi**

Sıkılama mesafesi, bir patlatma deliğinde, dip ve kolon şarjından sonra patlayıcı konmayan kısım olarak ifade edilebilir. Genellikle sıkılama mesafesi, dilim kalınlığına eşit alınır. Bazı uygulamalarda delik boyunun 1/3'ü kadar da alındığı görülmüştür. Sıkılama miktarı uygun bir şekilde belirlenmediği durumlarda kaya fırlaması, hava şoku ve gaz kaçağı gibi istenmeyen çevresel sorunlar meydana gelebilir (Uyar, 2017). Sıkılama işlemi, patlayıcının enerjisinin havaya kaçmasını engeller ve bu enerjinin büyük kısmını kayaya yönelterek iyi bir parçalanma, iyi bir yığın şekli ve kayacın gevşemesine katkı sağlar. İyi bir sıkılama, patlatma verimini arttırmaktadır. Patlatma işlemini takip eden yükleme, taşıma vb. gibi işlerin toplam maliyetini arttırmadığı gibi patlatma maliyetini de azaltır (Dağçimen, 2006). Yetersiz bir sıkılama yapılması durumunda ise tırnak, geri çatlama ve patar oluşumu ile gürültü, hava şoku ve taş savrulması görülebilir.

Kaya fırlaması ve hava şoku gibi istenmeyen durumların minimum miktarlara indirilmesi kullanılacak sıkılama malzemesinin cinsine bağlıdır. Sıkılama malzemesi olarak köşeli, kırılmış ve iri taneli kaya, delme makinesi pasası veya kum-çakıl gibi malzemeler kullanılabilir. Normal durumlarda sıkılama boyu dilim kalınlığı ile eşit olduğu tasarımlarda patlatma işleminden oldukça iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir (Bilgin, 1986).

Zayıf ve çok fazla çatlak bulunduran kaya formasyonlarında daha uzun sıkılama yapılması gerekirken, sağlam ve masif kaya yapılarında kısa sıkılama boyları yeterli olabilir. Sıkılama boylarının uzun olduğu durumlarda basamak üst kısmına parçalanmanın daha iyi olabilmesi için sıkılama kolonu arasına bir cep şarjı ‘*pocket charge*’ (25-30 kg ANFO, 3-5 kg dinamit) konulabilir (Hagan, 1983).

### 3.1.3.6. Dilim Kalınlığı

Dilim kalınlığı, delik sıraları arasında bulunan veya şev ile birinci sıra delikler arasındaki uzaklık olarak tanımlanabilir. Patlatma geometrisi yapılırken dilim kalınlığı seçimi de göz önünde bulundurulması gereken diğer bir parametredir.

Masif ve çok sert kayaç yapılarında iyi bir parçalanma oluşturulabilmesi için delikler arası ve dilim kalınlığı mesafesinin kısa tutulması gerekmektedir. Dilim kalınlığı optimum değerinin altına düştüğü durumlarda gazlar çok yüksek bir hızda serbest yüzeye doğru hareket ederek genişler ve kaçar. Bu durum gürültü ve hava şoku olarak atmosfere yansır. Aksi bir durumda dilim kalınlığı olması gereken en uygun seviyenin üzerinde olursa gerilim dalgalarının kayacı parçalama etkisi azalır ve buna bağlı olarak kayaç istenilen yığın haline getirilemez. Seçilen dilim kalınlığı ayna yüzeyinde meydana gelebilecek çökmeleri önlemeli, etkili bir kazı ve yükleme için kayanın iyi bir şekilde kırılmasını sağlamalı, kayacın ötelenmesinin yanında, ortaya çıkan yığının rahat bir şekilde yüklenmesine olanak sağlamalı ve tüm bu işlemleri minimum maliyetle sağlaması gerekmektedir (Toprak, 2012).

Kısaca özetlemek gerekirse dilim kalınlığı, patlatma tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken kritik bir parametredir. Bunun nedeni ise; delme patlatmanın ekonomikliğinde, titreşimlerde, kaya fırlamalarında ve güvenliğin sağlanmasında önem arz etmesidir.

### 3.1.3.7. Delikler Arası Mesafe

Aynı sırada bulunan deliklerinin birbirlerine olan uzaklığına delikler arası mesafe denir. Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı eğer 1’in altında ise sıkılama malzemesinin erken boşalmasına neden olur ve delikler arasında çok erken çatlak oluşumları meydana gelebilir. Buna bağlı olarak gaz kaçışları daha da hızlanacak, gürültü,

hava şoku ve iri parça oluşumları meydana gelecektir. Eğer bu oran 1'in üzerinde olursa istenmeyen bir parçalanma meydana gelecek ya da herhangi bir parçalanmanın olmadığı iri bloklar ortaya çıkacaktır (Toprak, 2012).

### 3.1.3.8. Delik Taban Payı

Delğin basamak taban seviyesi altında kalan delik taban payı olarak tanımlanabilir. Açık işletmelerde uygun bir delik taban payı verilmesi zorunludur. Eğer taban payı verilmemişse veya gereğinden daha az verilmiş ise basamak taban seviyesinden iyi kesilmeyecek ve tırnak veya yüksek taban problemleri meydana gelecektir. Gereğinden fazla verilen delik taban payları aşağıdaki sorunlara neden olmaktadır (Bilgin, 1986).

1. Delme ve patlatma harcamalarında artış.
2. Patlatma işlemi sonrasında meydana gelen yer sarsıntılarının artması.
3. Basamak tabanında istenmeyen çatlamlar. Bu şekilde çatlamış bir formasyon delinirken matkap ve tij sıkışmaları, delmede meydana gelen güçlükler, delik içerisinde çökme meydana gelmesi ve delik düzenlerinin bozulması gibi etkiler ortaya çıkabilir.
4. Patlatmada düşey yönde meydana gelen hareketlerin artması. Bu durum hem geri çatlama hem de arka sıralarda bulunan henüz ateşlenmemiş deliklerin infilaklı fitil veya kablolarının kopmasına neden olur.

Delik taban payı uzunluğu kayacın yapısından ve delik eğiminden etkilenmektedir. Delik taban payı sert kayaç formasyonlarında normalden biraz uzun, eğimli deliklerde biraz kısa alınmalıdır.

Yetersiz olarak alınan delik taban payları sonucunda delik tabanlarında tırnaklar meydana gelmektedir. Bu tırnaklar aşağıda belirtilen problemlere neden olmaktadır (Bilgin, 1986).

1. Kazı işlemlerinde ortaya çıkabilecek güçlükler, ekskavatörlerdeki kepçe dişlerinin kırılmasındaki ve halat kopmalarındaki artışlar, ekskavatörlerin tamir ve bakım işleri ile bunların maliyetlerinin artması.
2. Ekskavatörün yapmış olduğu pas süresinde artış ve buna bağlı olarak üretimin düşmesi.



3. İnişli çıkışlı yollar kamyonların hareketini etkileyerek hızlarını düşürür ve taşıma kapasitesi azalır.
4. Kamyonların bozuk bir yolda ilerlemesi çeşitli arızalara neden olur ve tamir masrafları artar.
5. Yol içerisinde bulunan tırnaklar kamyon tekerleklerine zarar vererek tekerleklerin yırtılmasına neden olur. Bunun sonucunda lastik masrafları artar.
6. Daha sonra yapılacak atımlarının başarısını olumsuz yönde etkiler.

### **3.1.3.9. Özgül Şarj**

1 m<sup>3</sup> kayayı patlatmak için kullanılacak olan patlayıcı madde miktarına özgül şarj denir. Patlatma işlemlerinde kullanılan madde miktarı, patlatma verimini etkilemektedir. Patlayıcı madde miktarı, oluşan yığın boyut dağılımını ve yığın içerisinde meydana gelen patar miktarını doğrudan etkiler. Dolayısıyla, yığının ortalama boyut dağılımı ve yığın içerisinde meydana gelen patar miktarının azlığı veya çokluğu patlatma verimini belirlememizde bize yardımcı olabilecek faktörlerdendir (Tosun, 2012).

Kullanılacak özgül şarj, çoğunlukla her bir kaya birimi için deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Bu yüzden kayanın madde ve kütle özellikleriyle, optimum şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır (Bilgin ve Paşamehmetoğlu,1986).

Kaya malzemelerini istenilen boyuta indirebilmek ve öteleyebilmek için gerekli bir enerjiye ihtiyaç duyarız. Bu enerjiyi tanımlayan ve patlayıcı madde seçimimizde önemli olan parametre özgül şarj'dır.

### **3.1.3.10. Atım Grubu Şekli ve Boyunun Etkileri**

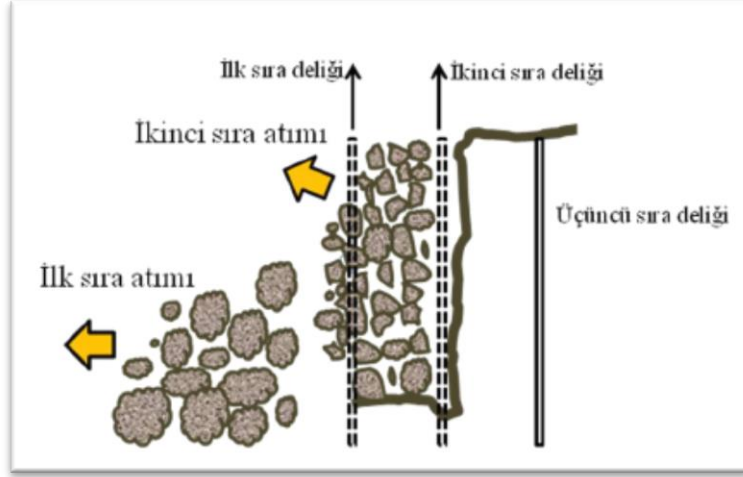
Atım grupları oluştururken, çok sayıda delikten meydana gelen gruplar oluşturulmalıdır. Atım gruplarının uzunluğunun fazla olması istenirken, derinliğinin (sıra sayısı) az olması gerekir. Bunun nedeni; atım grubunun her iki kenarında kayanın yırtılmasının daha güç, parçalanmanın sınırlı olması, buna karşın atım grubu ortasında kırılma ve parçalanmanın daha iyi olmasıdır. Küçük atım gruplarının arazi ortamında uygulanması maliyet açısından birçok dezavantaj doğurabilir. Bunları sıralamak gerekirse, elektrikli ekskavatörlerin enerji kablolarının birden fazla kez toplanıp serilmesine, bunun

sonucunda ekskavatörlerin üretimden çekilmesine ve üretimin düşmesine sebep olabilir (Bilgin, 1986).

Üretim açısından bakıldığında tek bir ateşlemede mümkün olabildiğince fazla miktarda delik sırasının ateşlenmesi tercih edilmektedir. Delik sıra sayıları arttıkça genellikle boyutlar küçülmektedir. Bunun yanı sıra, sıra sayıları arttıkça geri çatlama ve yersarsıntıları artmaktadır. Çok sıralı atımlarda geriye doğru gidildikçe, dilimlerin birbirleri peşi sıra atımlarının daha da güçleşmesindedir. Bu durum kaya fırlaması gibi sonuçlara da neden olabilir. Bunların en aza indirilmesi için gecikmesiz kapsüllerle en fazla 2 sıra, gecikmeli kapsüllerle ise en fazla 5-6 sıra kullanıldığında pratik olarak bu tür çevresel sorunlar ortadan kalkmaktadır (Bilgin, 1986).

#### **3.1.3.11. Gecikme Zamanının Belirlenmesi**

Yapılacak olan atımın güvenli ve atım sonucunda istenilen kaya parçalanmasını sağlamak için aynı sıra içerisinde yer alan delikler ve patlatma delik sıraları arasında uygun bir gecikme zamanı tercih edilmelidir. Birden fazla sıralı yapılan atımlarda tırnak kalmaması, hava şoku, yersarsıntısı, kaya fırlaması gibi istenmeyen çevresel etkileri minimize etmek için bir gecikme süresi belirlemek gerekmektedir. Gecikme zaman aralığı seçilirken dikkat edilecek olan nokta, ön sıra delikler patlatıldıktan sonra bir sonraki deliklerin düzgün ve istenilen şekilde patlayabilmesi için malzemenin yeterli hacimde ve yeterli mesafede ötelenmiş olmasına imkan sağlayacak şekilde gecikme aralığı seçilmelidir. Bu şekilde patlatma sırası birbirini takip edecek ve tabanda herhangi bir sıkışma meydana gelmeyecektir. Gecikme zamanının patlatma üzerine etkisi Şekil 3.5.'de gösterilmiştir (Toprak, 2012).



Şekil 3.5. Gecikme paterninin patlatma üzerine etkisi (Toprak, 2012).

### 3.2. Patlatma Tasarımında Kontrol Edilemeyen Parametreler

#### 3.2.1. Kaya Kütlelerinin Özellikleri

Kaya kütlesi özellikleri arasında sismik dalga hızı, yoğunluk, süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi, elastisite modülü, su durumu, poisson oranı, darbe dayanımı, basınç ve çekme dayanımı, sertlik ve değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi, izotropiklik) gibi özellikler yer almaktadır (Kahrıman, 1999).

Farklı türden olan kayaların sahip oldukları özellikler ve yapısında bulunan bağlar kayaların karakteristiği hakkında bilgi vermesinin yanı sıra arazi ortamlarında o kayanın patlatılabilirliğini de belirlemektedir.

Kayaç yoğunluğunun fazla olması durumunda, kayacın kazılabilirliği zorlanacaktır. Fakat elastisite modülünün fazla olması da kayacın kırılabilir özelliğini azaltacaktır. Bu açıdan bakıldığı durumlarda, kayacın sahip olduğu diğer tüm özellikler, alınan örneklerin laboratuvar ortamında iyi bir şekilde incelenerek uygun bir patlatma paterninin oluşturulması gerekmektedir (Özdemir, 2004).

Kayaçların sahip oldukları özellikler patlatma sonucunu önemli oranda etkilemektedir. Kaya ortamı çatlaklı ve masif bir yapıya sahip ise, kayanın parçalanmasında birincil parçalanma mekanizması etkili olacağından seçilecek patlayıcı maddenin daha güçlü ve daha yüksek ateşleme hızlarının olması istenir. Kayaç çok eklemlili ve çatlaklı zayıf bir kaya ise, kaya formasyonu zaten hali hazırda parçalanmış durumda bulunduğundan; daha düşük yoğunluklu, düşük patlatma hızlı ve fazla gaz veren patlayıcı

maddelerin kullanılması patlayıcı seçiminde daha doğru bir tercih olacaktır (Kahrıman, 1999).

- i. Kaya kütle özelliği ve jeolojisi: Delme sisteminin belirlenmesinde, patlayıcı madde ve ateşleme sistemlerinin seçimi, deliklerin şarj edilmesi yöntemi, patlatma kaynaklı titreşimlerin yayılma mekanizmasının belirlenmesinde dikkate değer rol oynamaktadır.
- ii. Yeraltı su seviyesi: Ortamda bulunan suya karşı dayanıklı patlayıcıların kullanılması gerekmektedir. Aksi durumda patlatma verimi düşebileceği gibi işletme maliyeti de artabilir.
- iii. Sahanın coğrafi ve fiziksel özellikleri: Maden araması yapılacak sahanın topoğrafya özelliklerini değiştiremeyeceğimiz için, zor çalışma şartlarına uygun patlayıcı madde seçimi yapılması gerekmektedir.
- iv. Bölgenin meteorolojik durumu: Hava şartları, özellikle ateşleme sistemlerinin güvenliğini direkt olarak etkilemektedir. Bu yüzden bölgenin meteorolojik koşullarına uygun patlayıcı ve ateşleme sistemleri tercih edilmek zorundadır.

Yataklanma yüzeyleri kayacın mukavemetini düşür ve ayrıca kayaca kırılabilme özelliği katar. Yataklanma yüzeylerinin birbirlerine yakın olması patlatma açısından önemlidir. Eğer yataklanma yüzeyi azsa ve aralarındaki mesafe büyükse patlatma sonucunda büyük patarlar meydana gelir. Yataklanmanın yoğun olduğu durumlarda hafif ve hızı düşük patlayıcı kullanımı daha verimli sonuçlar vermektedir. Yataklanma yüzeyleri birbirinden uzak olduğu durumlardaysa yüksek hızlı yoğun patlayıcılar kullanılmalıdır. Düşük sıkışma ihtimaline bağlı olarak delme hızı nispeten fazla olacağından, deliklerin yataklanma yüzeyine dik bir şekilde delinmesi önerilmektedir. Delik modeli seçiminde kayaç ve delik eğimi gibi parametreler dikkate alınarak ateşleme sistemi belirlenmektedir. Patlatma yüzeyinin yönü eğim ve doğrultu dikkate alınarak değiştirilebilmektedir. Eğer patlatma yönü değiştirilemiyorsa bu koşullar göz önüne alınarak patlayıcı seçimi yapılmalıdır.

#### 4. PATLATMANIN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE ALINACAK ÖNLEMLER

Delme – patlatma işlemleri madencilik faaliyetleri için oldukça önemli bir aşamadır ve madencilik maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Fakat bu işlemlerin amaca uygun bir şekilde yapılmaması durumunda, çevredeki yerleşim yerlerinde, yapılarda ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler meydana gelebilir. Bu etkiler başlıca; taş savrulması, hava şoku, toz emisyonu ve titreşimlerdir.

Patlatma işlemi sırasında çeşitli enerji tipleri açığa çıkmaktadır. Bunlar faydalı ve kayıp enerjiler olarak ikiye ayrılırlar. Faydalı enerji, patlatmanın amacını oluşturan yani kayanın patlatılıp ötelenmesini kolaylaştıran enerjilerdir. Kayıp enerji ise amaca hizmet etmeyen ısı, ışık, ses ve titreşim gibi çevresel etkileri oluşturan enerji çeşitleridir (Bilim ve Kekeç, 2017).

Madencilik faaliyetleri gibi kazı çalışmalarının çevreye zarar vermeden gerçekleştirilebilmesi oldukça önemlidir. Gerekli önlemlerin alındığı planlı bir patlatma tasarımı işletme maliyeti için yararlı olabileceği gibi çevreden gelebilecek olumsuz şikayetleri de en aza indirecektir. Bunun aksi durumlarında ise çevreden birçok şikayetler dile getirilecektir (Kekeç, 2010). Bu şikayetler;

- ✓ Psikolojik şikayetler: Bulunduğu bölgeye yakın bir bölgede patlatma faaliyetleri ve kazı yapıldığını bilen bir kişi, yapılan faaliyetler ne kadar zararsız olsa da psikolojik olarak etkilenebilmektedir.
- ✓ Bilgisizliklerden kaynaklanan şikayetler: patlatmadan kaynaklı titreşimler ve hava şoku değerleri ölçülebilen değerler olup kontrol altında tutulabilmektedir. Yapılan patlatmaların bu etkileri her ne kadar kabul edilebilir sınırdan olsa da çeşitli nedenlerden dolayı oluşan hasarların (heyelan, zemin oturması) patlatma faaliyetlerine atıf yapıldığı görülmektedir.
- ✓ Kötü niyetli şikayetler: Bazı şikayetler belirli bir menfaat sağlamak amacıyla yapılabilmektedir. Şikayeti yapan kişiler patlatma faaliyetleri neticesinde maddi hasara uğradıklarını iddia ederek işletmelerden tazminat alabilmektedirler.
- ✓ Haklı şikayetler: Düzenli olarak faaliyet gösteren bazı işletmeler patlatma faaliyetlerini uygun olmayan koşullarda yapabilmekte ve teknolojik olmayan ateşleme elemanları ile büyük miktarda patlayıcıları tek seferde ateşleyebilmektedir. Özellikle yüksek miktardaki patlayıcı maddelerin aynı anda ateşlenmesi çevresel etkilere neden olabilmektedir.

#### 4.1. Taş Savrulması

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde kaya içerisinde yeterince hapsedilemez ise patlatma sonucu açığa çıkan faydalı gazların atmosfere kaçıışı gerçekleşir. Bu yüksek hızlı gaz boşalmalarının etkisiyle bazı kayaç parçaları kaya kütesinden ayrılır ve çok uzak mesafelere savrulabilir. Savrulan taş parçaları insan yaralanmalarına ve yapılara ciddi zararlar verebilmektedir (Bilgin, 1999).

Taş savrulmaları, patlatılacak dilim kalınlığı için gereğinden daha fazla patlayıcı madde kullanıldığında, sıkılama yeterli olmadığında veya patlatma enerjisinin bir süreksizlik düzleminden kaçabileceği durumlarda meydana gelir. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Açık işletmelerde patlatma kaynaklı meydana gelen ölümlü iş kazalarının % 40'ı ve ciddi yaralanmaların % 20'si taş savrulmaları sonucu gerçekleşmektedir. Diğer bir ifade ile patlatma kaynaklı iş kazalarının % 40-60'ı kaya fırlamaları nedeniyle meydana gelmektedir. Açık işletmelerde meydana gelen kaya fırlaması Şekil 4.1.' de gösterilmiştir (Dhekne, 2015).



Şekil 4.1. Açık işletmelerde oluşan kaya fırlama mekanizması (Dhekne, 2015)

##### 4.1.1. Taş Savrulmalarının Nedenleri ve Alınacak Önlemler

Taş savrulmaları genellikle patlatma enerji ile patlatılacak kayaların jeomekanik özelliklerinin yanlış eşleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Kaya fırlamalarına neden olan başlıca sebepler (Bilim ve Kekeç 2017):

- ✓ Basamak genişliğinin yanlış seçilmesi,
- ✓ Patlatma deliklerinin gereğinden fazla patlayıcı ile doldurulması,
- ✓ Sıkılamanın gereği gibi yapılmaması,

- ✓ Kaya kütlesi içerisindeki süreksizlikler fazlalığı,
- ✓ Gecikmeli patlatmanın tercih edilmemesi,
- ✓ Patlatma dizaynının yanlış seçilmesi,

Taş savrulmasının kontrol edilebilmesi için delme patlatma tasarımı esnasında aşağıda belirtilen hususların göz önünde bulundurulması gerekir (Barutsan, 1999);

- Patlayıcı madde, uygun bir çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağıtılır ve hapsedilir.
- En az dilim kalınlığı boyutunda sıkılama bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak sıkılama yapılır.
- Atım yapıldıktan sonra güvenli bölgede 1 dakika boyunca bekleyerek kaya fırlamasının neden olabileceği yaralanmalar ve kazalardan korunmak doğru bir yöntemdir. Atım yapılan bölgeye gidilmeden önce, atım yapıldıktan sonra sahanın mevcut durumu özenle incelenmelidir.
- Taş savrulmalarının tamamı ortadan kalkmış olsa bile, atım sahasında gevşek kaya riskleri olabileceği unutulmamalıdır.
- Dilim kalınlığı delik içerisine yerleştirilecek patlayıcı miktarına uygun bir şekilde seçilmesi gerekir.
- Kaya içerisinde yer alan süreksizliklerden, patlayıcı maddelerin delik dışarısına kaçabileceği düşünülerek, patlayıcılar deliklere yerleştirilirken miktarları hassas bir şekilde kontrol edilmelidir.
- Kayaç içerisinde bulunan kırık ve çatlaklar, çamurumsu zayıf tabakalar, zayıflık düzlemleri mümkün olduğunca sıkılama malzemesi ile kapatılmalıdır.
- Ateşleyici malzeme olarak gecikmeli ateşleyici sistemleri kullanılmalı ve gecikme zamanları en uygun şekilde belirlenmelidir.
- Nonel kapsüller tercih edilmelidir.
- Kum çuvaları, konveyör bantları ve tel örgütler gibi susturucu düzenlemeleri tercih edilmelidir.

#### **4.2. Hava Şoku ve Gürültü**

Patlatma kaynaklı olan ve değerlendirilmesi gereken bir diğer çevresel sorunda hava şoku ve buna bağlı olarak oluşan gürültüdür. Hava şoku, patlayıcının infilakından

kaynaklanan havadaki şok dalgasıdır. Diğer bir ifade ile patlatma sonucu oluşan basınç dalgaları havada ses dalgalarından daha hızlı ilerleyerek şok dalgaları oluşturur. İlk başta bu şok dalgası patlatma enerjisine bağlı olarak süpersonik hızda ilerlerken, zaman içinde şiddeti azalarak sıradan bir ses dalgası gibi ilerler. Hava şoku yoğunluğu ya da genliği mesafe ile sönümlenir (Ratcliff vd., 2011).

Hava şokunun yarattığı basınç dalgaları frekanslarına göre ikiye ayrılmaktadır. İnsan kulağı tarafından duyulabilen binalara hasar vermeyen hava şoku 20 Hz üstündeki frekanslara sahip olup gürültü ya da ses olarak adlandırılır. İnsanların duyabileceği frekans aralığı ideal koşullarda 20-20 000 Hertz (Hz) arasındadır. İnsan ömrü ilerledikçe bu aralık azalır. 20 Hz'den düşük frekanslara sahip hava şokları, insan kulağı tarafından duyulamaz ve çoğunlukla sarsıntı diye adlandırılır. Bu frekanslardaki hava şokları binalara hasar verebilir. Bununla birlikte 4-16 Hz aralığındaki infrasonik ses dalgaları, titreşimler yoluyla insanlar tarafından hissedilebilir ama duyulamaz. Maden ocakları patlatmalarından kaynaklı hava şoku frekans değerleri bu aralığa girebilir (Ratcliff vd., 2011).

Patlatmalarda oluşan ses dalgaları genelde düşük frekanslı olmaktadır. İnsanlar düşük frekanslı ses dalgalarını duyamazlar. Öte yandan binalar, düşük frekanslı dalgalara ve yüksek hava şoklarına karşı duyarlıdır (Dowding, 1992).

Patlatma sonrası meydana gelen hava şoku yapılarda en çok pencerelerde etkisini göstermektedir. Sarsılan pencereler ve şok sesi ev sakinlerine, evin her tarafının şiddetle sarsıldığı izlenimini verir. Bu bakımdan hava şoku hem yapısal hasarlara hem de psikolojik rahatsızlıklara neden olabilir (Özdoğan, 1978). Hava şoku nedeniyle en çok karşılaşılan durumlar cam kırılması ve ince sıva çatlakları gibi etkilerin oluşmasıdır.

#### **4.2.1. Hava Şokunun Oluşma Nedenleri ve Alınacak Önlemler**

Hava şokunu meydana getiren parametreler aşağıda belirtilmiştir:

- ✓ Patlatma geometrisinin uygun bir şekilde belirlenmemesi,
- ✓ İnfilaklı fitil kullanımı,
- ✓ Patlatmanın yönü,
- ✓ Sıkılamanın yetersiz kalması,
- ✓ Dinamitleme sonucu deliklerden havaya kaçabilecek yüksek basınçlı gazlar,
- ✓ Deliklerin aynaya olan mesafelerinin çok kısa olması, eğer mesafe yetersizse ve bitişik delikler arasındaki gecikme süresi boyunca ses dalgası tarafından geçen



mesafeden daha düşükse, o zaman daha yüksek hava şokları oluşabilir (Bhandari, 1997).

Hava şokunun önlenmesi için alınabilecek önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Yemleme mümkün olduğunca delik tabanına veya tabana yakın bir noktaya konulmalıdır ve kesinlikle gecikmeli kapsül kullanılmalıdır. Eğer infilaklı fitil ile patlatma işlemi yapılması gerekiyor ise, infilaklı fitilin yüzeyde kalan kısımları en az 30-60 cm kalınlığında kum veya toprak ile kapatılması gerekmektedir.
- Sıkılama için yeterince sıkılama payı bırakılmalıdır. Aksi halde kısa sıkılama boyları da hava şokuna neden olur.
- Basamak yükseklikleri mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Çünkü böylelikle hava şoku yere yakın tutulmuş olabilir.
- Hava şokunun etkisini arttıracak hava şartlarında da atlatma yapılmamalıdır.

### 4.3. Toz Emisyonu

Madencilik faaliyetleri sonucunda yapılan patlatma, yükleme ve taşıma gibi işlemlerden kaynaklanan toz oluşumları kaçınılmazdır. Tozu açıklamak gerekirse; çapı 1 mm'den küçük ve havada asılı kalabilen veya zamanla çökelen katı partiküller olarak tanımlanabilir (Fişne ve Ökten, 2002). Patlatma sonrası maden ocaklarında meydana gelebilecek toz oluşumu Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Toz oluşumuna neden olan başlıca kaynaklarımız ise;

- Delik delme işleri,
- Patlatmalı kazı faaliyetleri,
- Malzemenin yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması,
- Kırma işlemleri,
- Maden sahasında meydana gelen göçükler,



Şekil 4.2. Patlatma kaynaklı toz oluşumu (URL-1, 2019)

Patlatma kaynaklı toz emisyonunu modellemek için; patlatma paterni, yıllık patlatma sayısı, genellikle günün hangi saatinde patlatma yapılacağı ve imalat haritası (imalatların yapılacağı alan) gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Uyar, 2017).

Tozların çalışan kişiler üzerinde deri ve solunum hastalıkları gibi sağlık açısından olumsuz etkileri olmaktadır. Bunun yanında kullanılan ekipmanlara da zarar vermektedir. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda toz ile mücadele ciddi bir sorun olmaktadır. Gerekli tedbirler alınmaz ise, madencilik toz sorununun ve toza bağlı hastalıkların en fazla yaşandığı meslek alanıdır.

#### 4.3.1. Toz ile Mücadele ve Korunma Yöntemleri

Patlatma kaynaklı toz emisyonunun patlatmanın yapıldığı bölgede yoğunlaştığı ve patlatma yapılan alandan uzaklaştıkça azaldığı bilinmektedir. Bu yüzden toz ile yapılacak en etkili yöntem tozun kaynağında önlenmesidir. Eğer toz kaynağında engelleme işlemi yapılamıyor ise toz ortama yayılmadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Toz ile yapılan en etkili ve kolay çözüm su ile yapılan işlemlerdir. Bu yüzden sulu yöntemler daha çok tercih edilmektedir. Toz ile mücadelede aşağıdaki yöntemler:

1. Sulu delik delme,
2. Aynaların sulanması, tozun su ile bastırılması,
3. Kişisel koruyucu ekipmanlar,
4. Tuzlu su serpmeye yöntemi gibi uygulamalar yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### 4.4. Patlatma Kaynaklı Titreşimler (Yersarsıntıları)

Kaya içerisine yerleştirilen bir patlayıcı madde ateşlendiğinde, açığa çıkan enerjinin bir kısmı elastik titreşim dalgası olarak sonsuz kaya ortamı içerisinde dağılır. Bu titreşimler yakın bölgelerde, mesken, sanayi tesisleri ve diğer yapılara hasar verebilir. Yersarsıntıları enerji düzeylerine sahiptirler ve bundan dolayı yapılara hasar vermektedirler. Bu enerji düzeyleri deplasman (zemin yer değiştirmesi mm), sarsıntının hızı (m/s) ve frekans (Hz) parametreleri yardımı ile ölçülebilirler (Bilgin ve Çakmak, 2006).

Patlatma kaynaklı oluşan titreşimlerin üzerinde genellikle etkili olan kontrol edilemeyen faktörler ve kontrol edilebilen faktörler olarak iki gruba ayrılırlar. Kontrol edilemeyen parametreler; kayaç özellikleri, topoğrafya, örtü tabakası tipi ve atmosferik koşullardır. Kontrol edilebilen parametreler ise; gecikme başına patlayıcı miktarı, ateşleme yönü, şarj boyu ve çapı, delik eğimi, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe şeklinde sıralanabilir (Atlas Powder Company, 1987). Bu özelliklerde patlatma yapılan kaya kütlelerinde, formasyon özellikleri ve yapısal özellikler de sarsıntı oluşumu üzerinde etkili rol oynamaktadır (Yücel, 2008).

Açık ocak ve yeraltı patlatmalarında titreşim dalgalarının ortaya çıkmasında etkili olan faktörlerden biride patlayıcı-kayaç ilişkisidir. Patlatma sonucu kayacın parçalanması ve deforme olma özelliği, patlatma ile ortaya çıkan enerjinin ne kadarının elastik dalga yayılımında kullanılacağını belirler (Uyar, 2017).

- Delik sayısı,
- Deliklerde kullanılan patlayıcı miktarı ve cinsi,
- Deliklerin derinliği,
- Delik tasarımı ve gecikme zamanı gibi patlatma parametreleri de titreşim dalgalarının meydana gelmesinde çok ciddi rol oynamaktadırlar.

## 5. MADEN OCAKLARINDA, PATLATMA ÖNCESİ VE SONRASINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Patlatma, madencilik, yol, köprü vb. kazı işlemlerinin temel yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Bunun gibi kazı faaliyetlerinde maliyet açısından düşünüldüğünde en ekonomik yöntem genellikle patlama ile gerçekleştirilen kazılardır.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013)' de belirtildiği üzere; patlayıcı maddelerin taşınması ve depo edilmesine ilişkin esaslar, ilgili mevzuat hükümlerinin göz önünde tutulduğu ve aşağıdaki ayrıntıları kapsayan bir yönerge hazırlanır. Bu yönergede;

- a) Patlayıcı madde depolarının yerini gösteren planlar,
- b) Ateşleyiciler ile birlikte patlayıcı madde depolarına girmeye yetkili olan çalışanların listesi,
- c) Patlayıcıları nem, bozulma ve donmaya karşı korumak için alınacak tedbirler,
- d) Patlayıcı madde tüketim planı ve patlayıcı maddeleri ayırma tedbirleri,
- e) Tecrit (ayırma) tedbirleri,
- f) Patlayıcı madde depolarının havalandırılma işlemi,
- g) Herhangi bir patlama ve yangına karşı alınacak tedbirler,
- h) Yangın çıkması durumunda gaz ve dumanların boşaltılması gibi maddeler yer almaktadır.

### 5.1. Patlatmalarda İş Güvenliği

Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013) işverenlerin ve çalışanların sorumlu olduğu yükümlülükleri belirlemektedir. İşyerinde çalışan işçilerin sağlığını ve iş güvenliğini sağlamayı, başka bir ifade ile iş yerinde meydana gelebilecek iş kazası ve meslek hastalıkları gibi her türlü riske karşı gerekli tedbirlerin alınması, bu konudaki şartların yerine getirilmesi, bu hedefleri yerine getirmeye yardımcı olabilecek araç gereçlerin eksiksiz bulundurulmasını ön gören bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunların uygulanmasında genellikle işveren sorumlu tutulmasına rağmen çalışanlarında belirtilen usul ve şartlara uymaları gerekmektedir.

İş güvenliği ile ilgili çıkartılan yasalar da bu konu hakkındaki yaptırımlar gittikçe önemsenmekte ve ağırlaştırılmaktadır. Fakat iş güvenliği ve işçi sağlığı çalışmaları, sadece yasal zorunlulukları yerine getirmek açısından değil, tehlikelere maruz kalabilecek çalışanlar ve ilgili diğer personel içinde tehlikeleri yok etmek ve en aza indirmek açısından oldukça önemlidir.

İş güvenliği ve işçi sağlığı her sektörde olduğu gibi madencilik sektöründe de çok önemli bir yere sahiptir. Çünkü madencilik faaliyetlerinin yapıldığı ortamlarda çok fazla risk ve tehlike bulunmaktadır. Maden işyerlerinde sağlıklı ve güvenli işyeri şartlarını sağlamak için, iş sağlığı ve güvenliği sisteminin kurulması, uygulanması, denetlenmesi ve sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir (Bilim vd., 2018). Kaza ve ölümlerin en yüksek olduğu sektörlerden biri de madencilik sektörüdür. Madencilik sektöründeki iş kazalarının 2016 yılında % 4,12 olduğu görülmüştür. Madencilik faaliyetlerinde iş kazalarının sık olmasının nedeni iş sağlığı ve güvenliği prosedürlerinin tam olarak oturtulamaması ile uygulama ve denetimlerdeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır (Bilim, 2015).

Dünya üzerinde çalışanların sadece %1 madencilik sektöründe olmasına rağmen, meydana gelen ciddi iş kazalarının %8'i madencilik faaliyetleri sonucunda meydana gelmektedir. Türkiye'deki maden ocaklarında ise meydana gelen kazalar incelendiğinde, yaklaşık olarak %50'si tavan ve ayna göçmesi sonucu, %25-30'u yeraltı nakliyatı sırasında, %20-25 civarı ise ateşleme infilakı, elektrik malzeme aktarması, grizu patlamaları gibi sebeplerle olduğu gözlenmiştir. Yaşanan madencilik kazalarının ocaklara göre dağılımı 1992-2005 yılları arasında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının yaptığı çalışmaya göre en fazla kaza kömür madenlerinde, ikinci olarak kum, kil ve taş ocakları, en az kazanın ise diğer maden ocaklarında olduğu belirtilmiştir (TMMOB, 2010).

Maden ocaklarında gerek üretim gerekse planlama aşamasında delme ve patlatma işlemi oldukça fazla kullanılmaktadır. Bu yönden bakıldığında iş güvenliği açısından bu kadar fazla kullanılan bir yöntemin kazalara ve ölümlere sebebiyet vermemesi için bu işlemlerin dikkatli ve titiz bir şekilde yapılması gerekmektedir. Patlayıcı madde temini, ilk depolanmasından başlayıp patlatma sonrasına kadar geçen süre içinde iş güvenliği ve işçi sağlığı için önemli yaptırımlar ve uyulması zorunlu olan kurallar "Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)" de açıkça belirtilmiştir.

## 5.2. Delme İşlemlerinde Alınması Gereken Tedbirler

Patlatma işleminin, hem ekonomik olarak hem de emniyetli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için orantılı delik delinmesi gerekmektedir. Delme işlemlerinin planlanması ve gerçekleştirilmesi için alınması gerekli olan önlemler aşağıdaki şekilde belirtilmiştir (Kahraman ve Kılıç, 2016).

- Delik delme işlemine başlamadan önce delik delinecek alanların delici makinalar için uygun hale getirilmesi,
- Delici makinanın toz salınımı kontrol altında olmalıdır,
- Delici ekipmanların birbirlerinin çalışmasını engellemeyecek uzaklıkta olması,
- Makinaların tamirat ve bakım işlerinin yapılmış olması,
- Delme takımlarının düşme ve devrilmesi gibi durumlara karşı önlemlerin alınması gerekmektedir

## 5.3. Patlatma İşlemlerinde Alınması Gereken Tedbirler

Patlatma işlemi, kayaları gevşetmek veya parçalamak amacıyla, patlayıcı madde kullanılarak kayanın belirli bir bölümünün kırılarak ötelenmesini gerçekleştirmek olarak tanımlanabilir (Uyar, 2017). Uygun bir delme işleminin ardından yapılacak olan patlatmanın güvenli ve bir o kadar verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için dikkate alınması gereken birçok parametre mevcuttur. Bunların başında patlatmanın planlanması gelmektedir. Patlatmanın güvenli olabilmesi için; ‘‘Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)’’ kapsamında belirtilmiş olan patlayıcı maddelerin kullanılması ve bu maddelerin uygun koşullarda depolanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra patlatma yapılacak çevre göz önünde bulundurulmalı ve ortaya çıkabilecek olumsuzlukların bertaraf edilmesi patlatmanın planlanması aşamasında yapılması gerekenlerdir (Kahraman ve Kılıç, 2016).

### 5.3.1. Patlayıcı Madde Depolarında Alınması Gereken Önlemler

Patlayıcı maddelerin muhafaza edileceği depolar; iyi bir havalandırma yöntemi ile havalandırılmalı, patlayıcı maddelerin bozulmasını en aza indirmeli, farklı türdeki patlayıcı

maddelerin ayrılmasına olanak sağlaması, hırsızlık girişimlerine karşı tedbirler alınmalı ve yetkili olmayan kişilerin patlayıcı depolarına girişinin önlenilebileceği şekilde olmalıdır. Patlayıcı madde depolarında dikkat edilmesi gereken hususlar Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013) ile Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)' de aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

- Depolar kuru, temiz, iyi havalandırılmış, gerektiğinde serinliği sağlayan iyi düzenlenmiş güvenli bir anahtara sahip, hava şartlarına karşı sağlam, hırsızlığa imkân vermeyecek şekilde olmalıdır. Patlayıcı madde depolarının çevresine ve içerisinde uygun yerlere 'ateşle yaklaşma', 'sigara içilmez' ve 'patlayıcı madde' rahatlıkla görülebilecek uyarıcı levhalar konulması zorunludur.
- Depo, patlayıcı madde giriş ve çıkışı dışındaki zamanlarda her zaman kilitli tutulmalıdır. Depo içlerinin temiz tutulmasına dikkat edilmelidir. Sandık, varil, kutu gibi boş ambalajlar, alet ve benzeri yabancı cisimlerin depoda içerisinde bulundurulması yasaktır.
- Depo içerisinde oluşabilecek statik elektrik içinde gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Statik elektrik oluşumunun engellenmesi için depoya çivili ayakkabılar ile girilmemeli ve depo içerisinde giyilebilecek özel çivisiz ayakkabı bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca depo için görevlendirilen kişiler orlon, naylon, perlon gibi statik elektrik oluşturabilen giysileri tercih etmemelidir.
- Patlayıcı madde depolarında, yerel güvenlik makamlarınca bu tür işlerde çalıştırılmalarında bir mahsur görülmeyen kişiler çalıştırılmak zorundadır. Deponun görevli personeli olmayan taşıyıcı ve işçiler patlayıcı madde ambalajlarını yalnızca depo girişine kadar getirebilir ve depolardan çıkacak malzemeleri de yine depo girişinden alabilirler.
- Depo sınırlarında, 'tehlikeli bölgedir girilmez' işaret levhalarının yerleştirilmesi zorunludur. Depo içinde uygun yerlere çalışma ve güvenlik talimatlarının gösterildiği yönergeler asılmalıdır. Stok istifleri sıra başlarına, patlayıcı maddenin adı, miktarı ve cinsiyle depoya giriş tarihlerini gösteren levhalar konulmalıdır.
- Depoların alt tabanı herhangi bir yanık ve çatlak bulunmayan, düzgün, sızdırmaz, herhangi bir cisim çarpması ve sürtünmesi sonucu kıvılcım oluşturmeyen ve kolay temizlenebilen çimento veya mozaikle kaplanmalıdır. Depoların duvarları, nem

geçirmeyen bir harçla çatlaksız ve düz olarak sıvanarak, açık renkte badana edilmelidir.

- Depo pencereleri çatıya yakın yükseklikte ve güneş ışınlarının depo içerisine direkt olarak girmesini engelleyecek şekilde olmalıdır. Pencerelerde demir parmaklık olması gerekir. Havalandırma için havalandırma delikleri konur. Havalandırma amacıyla açılan pencerelerden içeriye yabancı cisim girmemesi için pencerelere sağlam pirinç veya galvaniz tel kafes konur. Ayrıca pencerelerin dış kısımlarına dışarıya açılır ve içeriden kilitlenebilen sağlam tahta kapaklar yapılmalıdır.
- Dış kapılar sağlam sac malzemedendir yapılır. Kapılara gizli kilit takılır ve kanatları dışarıya açılması gerekmektedir. İç kapılar ahşap olarak yapılmalıdır. Yağmur olukları, yağmur mevsimlerinde sık sık kontrol edilmeli ve çalışır durumda olduklarından emin olunmak zorundadır. Olası bir su baskınına bertaraf etmek için deponun çevresine kanallar açılması gerekmektedir.
- Yerüstü depolarının çevresinde, yönetmelikte belirtilen setlere uygun olacak şekilde, set için kullanılacak toprak içerisinde taş parçalarının olmamasına dikkat edilmelidir. Setlerin iç tarafının eğimi toprak yığınının el verdiği derecede dik olması gerekir. Toprak setlerin üzeri çimlendirilir veya bodur ağaçlar ile ağaçlandırılır. Setlerin tabanı depo binasına bir buçuk metre uzaktan başlar. Setler depo çatısının en üst noktasından en az bir metre daha yüksek ve setlerin üstü de en az bir metre genişlikte olmalıdır. Set, depo binasını tamamen çevreliyorsa geçiş için uygun giriş yerleri ve tüneller açılır. Patlayıcı madde depoları için toprak set yerine, üst genişliği 50 cm'den az olmayan depo çatısının en üst noktasından en az bir metre daha yüksek taş veya üst genişliği 25 cm olan beton duvar yapılabilir. Depo engebeli bir arazide kurulmuş ve etrafında set görevi görecektür tümsekler mevcut ise toprak, taş veya beton setlerin yalnızca tehlike arz eden kısımlara yapılması yeterlidir.
- Stok miktarı 5000 kilograma kadar olan depolarda en az 50 metre, 5000 kilogram da dahil daha fazla patlayıcının stoklandığı depolarda ise en az 100 metre uzaklıktan tel örgü çekilmek zorundadır. Denetim makamlarınca gerekli görülürse duvar da yapılabilir.
- Depolarda dikkat edilecek en önemli tehlike yangın oluşumlarıdır. Bunun için depo yakınlarında kuru ot, saman, kağıt, benzin gibi yanıcı veya parlayıcı



maddelerin bulundurulması kesinlikle yasaktır. Depo çevresi 50 metre kadar kuru otlardan temizlenmek zorundadır. Patlayıcı madde depolarının 15 metre yakınında, duman ve alev çıkarabilecek herhangi bir ateşleme kaynağının bulundurulması yasaktır.

- Yeraltındaki patlayıcı madde depoları, olası bir patlama anında, çalışanların çalıştıkları yerlere, yollara ve ana havalandırma yollarına zarar vermeyecek ve çalışanlar için tehlike oluşturmayacak uzaklıkta, çatlak ve göçük yapmayacak, olabildiğince su sızdırmayacak, alt ve üst katlardaki çalışmaları etkilemeyecek bir yerde bulunması gerekmektedir. Patlayıcı madde depolarının yakınında çalışma yapılırken, patlama ve yangına neden olmamak için sağlık ve güvenlik tedbirleri alınmalıdır ve hiçbir tutuşturucu kaynakla çalışma yapılmamalıdır.
- Yeraltında depolanacak patlayıcı madde miktarı, 50 kilogramdan daha az olan depolara ana yoldan 90 derecelik bir dirsek, 50 kilogramdan daha fazla patlayıcı madde bulunan depolara 90 derecelik iki dirsek oluşturan yolla girilmeli ve patlayıcı madde deponun son kısmına konulmalıdır.
- Yeraltı deposunda sıcaklığın 8 dereceden aşağıya ve 30 dereceden yukarı olmaması sağlanmak zorundadır. Patlayıcı madde dağıtımı, depo çıkışındaki özel bir cepte yapılmalı ve buralarda statik elektrik boşalmalarına karşı gerekli tedbirler alınmak zorundadır.

### 5.3.2. Patlayıcı Maddelerin Depolanması

Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)' de belirtilen uyarılar dikkate alınmıştır. Bu uyarıları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Dinamitler, nitrogliserin, nitroselüloz, barutlar ve kapsüller kesinlikle bir arada veya başka herhangi bir madde ile birlikte depolanamaz. Ancak amonyum nitrat ile dinamit, kapsül ile fitil aynı bölüm içerisinde farklı yerlere koyularak depolanabilir.
- Patlayıcı madde kutularının taşınması esnasında herhangi bir atma, sürtme veya düşürme işlemlerinden kaçınılmalı ve ısı, sürtünme, aşırı darbe ve elektriğe maruz bırakılmamalıdır.

- Patlayıcı maddeler asıl ambalajlarında, üretildikleri tarihlere göre, yükseklikleri 1 metre 60 santimi geçmeyecek şekilde düzgün olarak istiflenmeli, patlayıcı kutuları ile duvar arasında bir miktar boşluk bulunmalıdır.
- Patlayıcı madde kutuları doğrudan zemine yerleştirilmemeli, altlarında hava dolaşımı için 10 cm kadar boşluk bırakarak sağlam kasalar ya da mazgallar üzerine yerleştirilmelidir. Yapılan istifleme işlemlerinde, gerek geçiş yerlerinde gerekse istif başlarında, ambalajların etiket ve yazılarının görülebilir ve okunabilir biçimde olması gerekir.
- Yapılan istifler gruplar halinde ve aralarında geçiş boşlukları bulundurulması zorunludur.
- Patlayıcı maddelerin depo içerisinde çok fazla bekletilmemesi için depo kayıtları düzgün bir şekilde tutulmalı, ilk gelen ilk gider ilkesi gözetilerek her zaman üretim tarihi en eski olan patlayıcılar kullanılmalıdır. Büyük kapasiteli depolarda patlayıcı maddelerin raf ömürleri yılda iki kere kontrol edilmelidir.
- Patlayıcı ambalajları depo içerisinde kesinlikle açılmamalıdır. Ayrıca ambalajı açılmış olan patlayıcı maddeler öncelikle kullanılmalıdır.
- Atım öncesinde sahaya çıkmadan, depo içerisinde dinamit içerisine kapsül koyularak yemleme yapılmamalı, sahada yemlemesi yapılan dinamit de asla depoya getirilmemelidir.
- Patlayıcı madde depolarında patlayıcı madde dışında herhangi bir madde muhafaza edilmemelidir. Patlayıcı maddeler diğer malzemelerle birlikte taşınmamalıdır.
- Sürekli ve geçici depolarda dinamit ve kapsüllerin aynı depoda birlikte bulundurulması durumunda, dinamit ve kapsüllerin bulunduğu bölümlerin kapılarının ayrı olması ve bölümlerin bitişik duvarları arasında 8 ton kapasiteye kadar depolar için en az 40 cm, 12 ton kapasiteden yukarı depolar için en az 50 cm boşluk bulundurulması gerekir. Ayrıca duvar kalınlıklarının en az 19 cm olması zorunludur.
- Bozulma meydana gelen patlayıcılar kullanılmamalı, yerinden kaldırmadan üzerine kullanılmamasını gösteren ikaz yazıları konulmalıdır.

### 5.3.3. Patlayıcıların Patlatma Sahasına Taşınmasında Alınacak Önlemler

Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013) ve Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)' de belirtildiği üzere;

- Yapılacak atım planı önceden dikkatli bir şekilde hazırlanmalı, kullanılması gereken patlayıcı madde miktarı doğru olarak saptanmalı ve depodan gerekli olan patlayıcıdan fazlası çıkartılmamalıdır. Taşıma ve patlatma işleri sadece yetkili ve belgeli ateşleyiciler tarafından yapılmalıdır.
- Depodan patlatma alanına gidişte kullanılacak yol güzergâhı şirket mülkiyeti dışında kalıyorsa, patlayıcıların taşınması bu işle ilgili mevzuatta belirtilen kanunlara tabidir. Güvenlik makamlarından nakliye için izin alınması gerekmektedir.
- İşletmelerin saha yapılarına uygun olacak nitelikte patlayıcı maddeler ve kapsüller kullanılır. Patlayıcı maddelerin ateşleyicilerden başkasının almasına ve ateşlenmesine kesinlikle izin verilmemelidir.
- Patlayıcı maddeler kendilerine ait özel sandıklarda muhafaza edilir ve bu sandıkların içine başka bir madde konulmaz. Kapsüllerle diğer patlayıcı maddeler aynı kap içinde bir arada bulundurulmaz ve taşınmaz.
- Ateşleyici, manyeto ve sandıkların kilitlerini gözetimi altında tutmalıdır. Ateşleyicinin vücudundaki statik elektriğin boşaltılması için gerekli önlemler alınır. Bir kişinin taşıyabileceği madde miktarı maksimum 10 kilogramdır.
- Kamyon, kamyonet gibi kasalı arabalarda yapılacak nakliye işlerinde patlayıcı sandıkları, araç kasasının yüksekliğini geçmeyecek şekilde istiflenmelidir ve araç kasası yangına karşı dirençli malzeme ile örtülmelidir.
- Patlayıcı ile yüklenmiş bir araç asla yalnız bırakılmamalıdır.
- Patlayıcı ambalajları, araç içerisinde sıkışmayacak, sarsılmayacak ve devrilmeyecek şekilde istiflenmeli ve ıslanmaları önlenmelidir.
- Patlayıcı madde taşıyan taşıtlar izin verilen tonajdan daha fazla patlayıcı madde taşımamalıdır.
- Patlayıcı taşıyan araca diğer tüm araçların yol vermesi gereklidir. Patlayıcı nakliyesi yapan araç daima yolun sağ kısmını kullanmalıdır.

- Maden ocaklarında patlayıcı araçların seyir edebileceği bazı hız limitleri mevcuttur. Patlayıcı madde taşıyan araçların bu hız limitine uyması zorunludur.
- Kapsül takılmış dinamitler kesinlikle taşınmaz. Taşıma sırasında elektrikli kapsüllerin kablo uçları birbirlerine bağlı olmalıdır.
- Patlayıcı madde depolarında, patlayıcı madde ve bu maddelerin tüketim kayıtları tutulmak zorundadır (Kahraman ve Kılıç, 2016).

#### **5.3.4. Patlayıcıları Taşıyan Araçlarda Alınacak Önlemler**

Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler ile İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)' de belirtilen karayolu ile taşıma işlemine göre:

- Bakımları yapılmış, onaylı ve bu işe uygun araç kullanılmalıdır. Aracın akü, fren, elektrik ve egzoz sistemi iyi izole edilmiş ve yükten uzak tutulmalıdır.
- Yangın söndürme aletleri, reflektör, ikaz ve uyarı levhaları daima araç üzerinde hazır bulundurulmalı ve her gün kontrol edilmelidir.
- Araçların bakım işleri araç boşken yapılmalıdır.
- Akünün topraklanmamış ucu kolayca erişilebilir izolasyon butonuna bağlanmalıdır. Bu butonun her zaman araç gövdesinden izole olması gerekir.
- Uyarı yazıları zeminin beyaz veya sarı olduğu yerlerde kırmızı harflerle yazılmalıdır.
- Patlayıcı madde taşıyacak olan araç şoförü güvenilir, dikkatli, fiziksel ve ruhsal sağlığı iyi olan kişilerden seçilmelidir. Araç kullanımı ve patlayıcı madde nakliyesi hakkında iyi bir eğitim alması gereklidir (Kahraman ve Kılıç, 2016).

#### **5.3.5. Patlatma Sahasına Götürülen Patlayıcılar İçin Alınacak Önlemler**

Patlatma sahasına götürülen patlayıcı maddeler için alınacak önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kahraman ve Kılıç, 2016).

- Patlayıcı maddeleri olası taş düşmesi, çalışan ekipmanlara ya da olası trafik akışından etkilenebilecek yerlerden uzakta emniyetli bir yerde bulundurmak gerekir.
- Patlayıcılar asla doğrudan güneş ışınlarına maruz bırakılmamalıdır.

- Patlayıcı deposundan alınan patlayıcılar daima sıkı güvenlik tedbirleri altında tutulmalıdır.
- Kapsüller ve patlayıcılar asla bir arada taşınmamalıdır. Fakat uygun malzeme ile yapılmış sağlam bölmelerde iyi bir şekilde ayrımı yapılmış ise taşınmasında bir sakınca yoktur.
- Şarj işlemi sonlanınca tüm kullanılmayan patlatma elemanları dikkatlice toplanmalı, kendi kutularına konularak tekrar depoya geri götürülmelidir.

### **5.3.6. Patlayıcıların Deliklere Doldurulması Öncesi Alınacak Önlemler**

Patlayıcı maddelerin deliklere doldurulma işleminden önce patlatma sahasında alınması gereken önlemler aşağıdaki gibi yapılmalıdır (Kahraman ve Kılıç, 2016).

- Bölgeden ilgili olmayan kişiler ve ekipmanların tahliye edilmesi gerekir. Eğer patlatma işleminde elektrikli kapsüller kullanılacaksa olası elektrik tehlikeli kontrol edilmelidir.
- Deliklerin doldurulması işlemine geçilmeden önce deliklerin doğru boyda delinip delinmediği kontrol edilmeli olası bir tıkanma veya delikte su birikmesi olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Delikler taş tıkanmasına karşı kontrol edilmelidir. Delik ağzında doldurma sırasında veya patlatma verimini etkileyecek olan taş parçalarının temizlenmesi gerekmektedir.
- Delikler hesap edilen delik boyundan daha fazla delinmiş ise delik tabanını doğru seviyeye kadar delik içerisinden çıkan malzemelerle yeniden doldurulur. Bu doldurma işleminin dikkatli yapılması gerekmektedir. Aksi durumda ise patlayıcı şarj kolonunun az yükselmesi ve sıkılama boyunun kısa olması aşırı miktarda taş savrulmasına neden olur.
- Delikler mevcut delik boyundan kısa delinmiş ise tabanda tırnak kalması kesindir. Bu nedenle delik tabanı basınçlı hava ile temizlenmeli veya delik yeniden delinmelidir.
- Delik çapı patlayıcı çapından daha büyük olmalıdır. Delik içerisine konan kartuşlar birbirleriyle temas etmelidir.
- Doldurma işlemi ateşçi tarafından veya onun denetiminde yapılmalıdır.

#### 5.4. Patlatmadan Hemen Önce Alınması Gereken Önlemler

Patlatma işlemine başlamadan önce patlatma yapılacak sahanın güvenliği sağlanmalıdır. Personel ve ekipman patlatma sahasından uzakta güvenli bir bölgeye tahliye edilmelidir.

Kahraman ve Kılıç (2016)' ya göre patlatma işlemi yapılmadan hemen önce alınması gereken tedbirler aşağıda belirtilmiştir.

- Patlatma yapılacak saha, atımdan 20 dakika önce tüm personel ve ekipmanlardan tahliye edilmesi gerekir.
- Patlatma sahası tahliye edildikten sonra, sorumludan izinsiz kimsenin patlatma sahasına girmesine izin verilmez.
- Ateşleyici, tüm bölgenin tahliye edildiğinden emin olduktan sonra atım sahasındaki girişlere yerleştirilen güvenlik görevlilerine talimatları vermeli ve bölgeye giriş-çıkış olmadığından emin olmalıdır.
- Ateşleme işlemi gerçekleştirilmeden önce ateşleyici, herkesle irtibat kurarak ateşlemenin yapılmak üzere olduğunu bildirmelidir. Ardından ateşçi 2 dakika boyunca siren çalar (bu siren telsizle haberleşmenin yerindedir).
- Ateşleyici devrede kesiklik olmadığı, devrenin direnci gibi tüm gerekli kontrolleri yapar.
- Ateşçi ateşlemeyi resmi kurallara göre yapmak zorundadır.
- Ateşleme işleminde kimsenin atım yönünde durmaması istenir. Açık işletmelerde kaya fırlaması delik çapına bağlı olarak değişmektedir. Maksimum kaya fırlamasının yaklaşık olarak hesaplandığı denkleme göre delik çapı 89 mm olan bir patlatma deliğinde 600 metre mesafeye kadar kaya fırlaması olabilmektedir (Lundborg vd., 1975). Bu mesafe dikkate alınarak personelin uygun bir mesafede olduğundan emin olunmalıdır.
- Ateşlemede kullanılacak tüm ekipmanların bakım ve kontrolü ateşleyicinin sorumluluğundadır.
- Ateşleme sahasını en son ateşleyici terk eder.
- Patlatma öncesi yaklaşık olarak 750 metreden duyulacak bir siren çalınmalıdır. Bu mesafe işitilebilir mesafe olarak kabul edilir.

## 5.5. Ateşleme İşlemi

Patlayıcı maddelerin ateşlenmesi işleminden bahsedilecek bu bölüm 87/12028 sayılı Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987) ve Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013) dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Maden ocaklarında yapılan patlatmalar en fazla kazanın olduğu zamanlardır. Patlayıcı maddelerin ateşlenmesi işlemlerinde görev alacak olan kişilerin, ateşleyici yeterlilik belgesinin olması zorunludur. Ateşleyici yeterlilik belgesi, yapılacak sınavda yeterli bilgi ve deneyime sahip olduğu anlaşılan kişilere valilikler tarafından verilmesi gerekir.

### 5.5.1. Ateşleme İşlemi Esnasında Alınacak Önlemler

Kahraman ve Kılıç (2016)'a göre ateşleme işlemi esnasında alınacak önlemler aşağıda sıralanmıştır.

- Ateşleme işlemi, şarj işlemi bittikten sonra en kısa zamanda yapılmalıdır.
- Ateşleme işlemi için bu amaca hizmet eden sağlam cihazlar kullanılmalıdır. Eskimiş, yıpranmış cihazlar kullanılmamalıdır. 87/12028 numaralı “Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987)” de belirtildiği üzere bu cihazların her ay kontrollerin yapılması gerekmektedir. Ateşleme cihazı yerine jeneratör, akü veya şebeke elektriği kullanılmamalıdır. Bunların kullanılması patlatılacak bölgenin sadece bir kısmının patlatılmasına neden olabilir.
- Patlatma delikleri sadece ateşleneceği zaman doldurulmalıdır. Kartuşların biçimleri olduğu gibi muhafaza edilmeli ve patlatma deliklerine zorla sokulmaya çalışılmamalıdır.
- Dinamit kapsülleri kartuşlara kullanılacağı zaman yerleştirilmeli. Elektrikli ateşlemede ateşlemeden önce ateşleme makinası ve elektrikli kapsül devresi gözle kontrol edilmelidir.
- Manyeto devreye yalnızca bütün emniyet tedbirleri alındıktan sonra bağlanmalıdır.

- Ateşleyici olası taş savrulması olayına karşı gerekli mesafeyi belirlemeli ve o mesafeden daha az alanda kimsenin olmadığından emin olmalıdır. Ateşçi patlatmadan hemen önce olabilecek bir probleme karşı patlatma sahasını kontrol etmelidir. Patlatma sahasına yeterli sahada kişinin olduğundan emin olmalı ve yetkililer dışında giriş çıkışı önlemek için saha etrafında nöbetçiler bulundurulmalıdır. Nöbetçiler de aynı şekilde taş savrulması ve patlatma sonucu açığa çıkabilecek toksik gazlardan etkilenmeyecek mesafede olmak zorundadır.
- Patlatma öncesi işitilebilir mesafe yaklaşık olarak 750 metredir. Bu metreye ulaşabilecek şekilde siren çalınması gerekir. Patlatma yapılacağına dair ikaz ve uyarı işaretlerinin konulması gerekmektedir.
- Ateşçi atımın kazara patlamasına meydan vermemek için manyeto kolu ya da anahtarını üzerinde taşınmalıdır.
- Ateşleme sırasında fitillerde görülen başlıca kaza nedenleri; tek seferde birden çok sayıda fitilin ateşlenmesi, ıslak ya da bozuk fitil kullanılması ve ateşlemenin yetersiz veya doğru yapılamamasından kaynaklanmaktadır.
- Patlayıcı madde kazalarının, ölüm ya da yaralanma olsun veya olmasın, işveren, işveren vekili veya sorumlu müdür tarafından yerel güvenlik makamlarına bildirilmesi zorunludur.

## 5.6. Ateşleme Sonrası Alınacak Önlemler

Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013)' e göre;

- Elektrikli ateşlemede en az 5 dakika, fitil ve benzeri ateşlemede 1 saat geçmeden ve yetkili kişiler tarafından atım yapılan saha kontrol edilip tehlike kalmadığı bildirilmedikçe alana kimsenin girmesine izin verilmemelidir.
- Bekleme süresi bittikten sonra atım yapılan sahaya sadece ateşçi ve yardımcısı girerek kontrol yapar.
- Patlatma sahasında çalışan kişi için tehlike oluşturabilecek gevşek kaya parçalarının varlığı kontrol etmelidir. Eğer bu tür kayalar var ise bu kayalar düşürülmeli ve patlatma sahası tehlikelerden temizlenmelidir.
- Patlamamış patlayıcı maddenin tespit edilmesi durumunda sahanın güvenliği oluşturulana kadar ateşleme alanına kimse girmemelidir. Patlamamış patlayıcı



madde kalıntıları, görevli kişi gözetiminde, mümkünse o patlatma deliğini delen çalışan tarafından, patlamamış patlatma deliğinin yanına en az 30 cm yakında, patlamamış deliğe paralel yeni bir delik delinip doldurularak kontrollü bir şekilde patlatılır.

- Pasa yığnında patlayıcı madde bulunup bulunmadığı, patlatma deliklerinde kapsül telleri, infilaklı fitil ya da şok tüp bulunup bulunmadığı, patlamamış delik bulunup bulunmadığı patlatma alanında patlamamış patlayıcı olup olmadığını anlamamız için bize yardımcı olabilecek başlıca dikkat edilmesi gereken konulardır.
- Herhangi bir tehlike olmadığından emin olunana kadar patlatma sahasına diğer personellerin girmesine izin verilmemelidir.
- Gerekli olmadığı sürece kesinlikle pasa üzerinde dolaşılmalı ve araştırma yapılmamalıdır.

### **5.7. Bozulan Patlayıcı Maddeler ve Yok Edilmeleri**

Patlayıcı Maddelerin Yok Edilme Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik (1989)'a göre: patlayıcı maddeler değişik iklim şartları altında uzun süre depoda bekletilmeleri veya nem almaları halinde bozularak özelliklerini kaybetmektedirler.

Amonyum nitratlı patlayıcı maddeler ıslanır veya nem alırlarsa patlayıcı özelliği kaybolur ve iş yapma güçleri azalır. Nitrogliserinli olanlar yüksek sıcaklıklarda ve uzun süre içerisinde bünyelerindeki nitrogliserini kusarlar ve büyük patlama tehlikesi meydana getirirler. Toz halindeki amonyum nitratlı dinamitler nem etkisiyle yüzey kısımlarından sertleşerek külçeleşir ve patlamaları zorlaşır. Taneli olan kara barutlar ise nem aldıklarında birbirlerine yapışarak külçeleşir, parlaklıklarını kaybederler ve patlama şiddetleri azalır. Kapsül veya fitillerde nem alma veya paslanma sonucunda özelliklerini kaybederler.

Patlayıcı maddelerin bozulmalarında şu belirtiler gözlenir:

- a) Depoda burun mukozasını yakan bir koku hissedilir.
- b) Dinamit lokumlarının üzerini saran kağıtlarda sızıntı belirtileri görülür.
- c) Dinamit lokumları üzerine konulan mavi turnusol kağıdının 15 dakika içerisinde renginin kırmızılaşması.
- d) Dinamit lokumlarının uçlarında koyu esmer renk, çiçeklenme veya yer yer lekeler ile küflenme belirtilerinin görülmesi.

e) Dinamit lokumunda sertleşmenin olması bozulmayı kanıtlayan unsurlardır.

Bozulmuş patlayıcı maddelerin imhasında resmi makamlardan gerekli izin alınmalıdır. Rüzgârın yönü belirlenir. İmha edilecek barut, bir kilogramı bir metreden az olmayan kesiksiz bir şerit halinde rüzgâr yönünde serilir. Bir defada yok edilecek barut 25 kilogramı geçmemelidir. Bu miktar 25 metre uzunluğu ve 7,5 santimetre genişliği geçmeyecek şekilde serilir. Ateşlemeye rüzgâr yönünün tersinden başlanır. Diğer patlayıcı maddelerin (gomlar, jelatinler vb. gibi ) yok edilmesine uygun bir yer seçildikten sonra bir defasında 10 kilogram, takriben yüz kartuş; eğer miktar fazla ise 25 kilogram dinamitin yok edilmesine müsaade edilir. Fazlası ikinci ve üçüncü işleme bırakılır. Kartuşlara, rüzgâr altından (yani estiği yönün tersinden) ateş verilir. İnfilaklı fitiller yere uzatılarak tek taraflı ateşlenir. Adi fitiller ise kangal halinde ateşe atılarak yok edilir. Kapsüllerin yok edilmesi ya açık denizlerde suya atılarak ya da 30 adetlik gruplar halinde bir çukura yerleştirilip adi dinamit ile patlatılarak yapılır. Kapsüller, toprağa gömülmeyecekleri gibi göl, nehir, kuyu gibi herhangi bir şekilde taranmak ve çıkarılmak ihtimali olan yerlere atılmaz.

### **5.8. Kayıtların Muhafazası**

Yapılan her bir patlatmanın ardından aşağıda belirtilen bilgileri içeren bir patlatma raporunun mutlaka doldurulması gerekmektedir. Bu bilgileri şu şekilde sıralamak mümkündür (Dündar, 2019):

1. Tarih, saat ve patlatma mühendisinin adı ve soyadı,
2. Patlatma numarası,
3. Türlerine göre kullanılan patlayıcı madde miktarları,
4. Ufalanma faktörü (Bu bölüme patlatma mühendisinin patlama işlemi sonrasında pasadaki malzeme boyutunda göz ile yaptığı kontroller sonucunda gerekli bilgileri yazması gerekir.
5. Toplam gecikme zamanı (ilk patlatma deliği ile son patlatma deliği arasında geçen süre)
6. Delik çapı, delik boyu, delik yükü, delikler arası mesafe, toplam delik sayısı ve gecikme dizaynı,
7. Arazi üzerinde patlatma yeri ve yönü,
8. Hava koşulları

9. En yakın yerleşim yerlerine olan uzaklık göz önüne alınarak açığa çıkabilecek sarsıntı ve gürültülerin eşdeğer ölçümleri (Eğer pratikte mümkünse)
10. Delik loğları
11. Yapılan tüm kayıtlar en az 5 yıl süre ile arşivlenmelidir. İlgili raporlar kamera çekimi, fotoğraf veya ilave raporlar ile zenginleştirilmelidir.



## **6. GÜVENLİ BİR PATLATMA İÇİN İLAVE TEDBİRLER VE TAVSİYELER**

### **6.1. Personel ve Genel Durum Hakkında Gerekli Tedbirler**

Personel ve genel durum hakkında alınması gereken tedbirler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Dündar, 2019):

1. Tüm patlatma işinden sorumlu bir görevli (patlatma mühendisi) olmak zorundadır. Patlatma yapılacak alandaki bütün uygulamalardan bu kişi sorumlu olacaktır.
2. Patlatma alanında görevlendirilen tüm personel nasıl davranacağını bilmeli ve patlayıcı maddeler ile ilgili gerekli eğitimleri almış olmak zorundadır.
3. Patlatma alanında ilk kez çalışacak personel veya eğitim amaçlı yapılacak tüm uygulamalar patlatma mühendisinin kontrolünde olmak zorundadır.
4. Patlatma işlemine başlamadan önce mutlaka yerel görevliler (polis, itfaiye vb.) mutlaka bilgilendirilmelidir.
5. Patlatma alanında çalışacak tüm personelin güvenlik soruşturulması mutlaka yapılmış olmalıdır.

### **6.2. Ekipman, Malzeme ve Kullanılan Metot Hakkında Gerekli Tedbirler**

Ekipman, malzeme ve kullanılacak yöntemler hakkında alınması gereken tedbirler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Dündar, 2019):

1. Patlatma işlemlerinde kullanılacak bütün malzemeler alüminyum, pirinç ya da plastik gibi kıvılcım oluşturmeyecek malzemelerden olmak zorundadır.
2. Patlatma devresinin kontrolü sadece ateşçi tarafından ve patlatma mühendisinin gözetiminde yapılmalıdır. Devrede kaçak olup olmadığı ohm metre ile ölçülmelidir.
3. Sadece nonel kapsüller kullanılmalıdır.
4. Sıkılama malzemesi olarak delik çapının 1/8 oranında taş malzemeleri kullanılmalıdır.
5. Yapılacak bütün çalışmalar 87/12028 numaralı “Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili, Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük”te belirtilen maddelere uygun olarak yapılacaktır

### 6.3. Patlatma Prosedürü Hakkında Gerekli Tedbirler

Patlatma prosedürü hakkında alınması gereken tedbirler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Dündar, 2019):

1. Kullanılacak bütün patlayıcı maddeler yasal tüzükte belirtildiği şekilde depolanır, taşınır ve kullanılır.
2. Yıldırım, şimşek gibi doğa olayları patlatma güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir. Bu tür hava koşullarında saha güvenli bir şekilde patlatmaya hazırlanmalı ve saha hemen terk edilmelidir. Eğer patlatma yapılması ciddi sorunlar oluşturacaksa bu tür havalarda patlatma işlemi yapılmamalıdır.
3. Radyo dalgaları sistemi tetikleyerek patlatmanın kontrol dışında gerçekleşmesine neden olabilir. Bu sebeple, patlatma alanlarına radyo, telsiz veya cep telefonları ile 30 metreden az bir mesafede yaklaşmak tehlikeydir. Patlatma mühendisi çalışan personel üzerinde bu tür cihazların olmadığından emin olmak zorundadır.
4. Şarj işlemi başlayıncaya kadar kapsül ve dinamitler kesinlikle ayrı bir şekilde depolanmalıdır. Aralarında en az 45 cm'lik bir mesafe olmak zorundadır.
5. Özellikle enerji nakil hatlarının altında çalışma yapılması gerekiyorsa, enerjinin mutlaka kesilmesi ya da tüm kapsüllerin nonel olması gerekmektedir.
6. Patlatma sonrası, eğer patlamamış bir delikten şüpheleniliyorsa sahaya 30 dakika boyunca girilmemelidir.
7. Yanmamış patlayıcılar etkisiz hale getirilmeden asla diğer çalışma faaliyetlerinin başlamasına izin verilmemelidir.
8. Yüksekliği 1.5 metreyi aşan ayna yüzeylerinde çalışanların mutlaka emniyet kemeri kullanmaları gerekmektedir.

## 7. PATLATMA İŞLEMİNDEN SORUMLU KİŞİLERİN ÖZELLİKLERİ

Ülkemizdeki güncel mevzuatlar incelendiğinde, patlatmalı kazı çalışmalarında görev alan ateşleyiciler için yapılacak sınavdan mesleki olarak yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmaları ile birlikte en az ilkokul mezunu olmaları gerektiği “Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesinin Verilmesine Dair Yönetmelik (1989)”te belirtilmektedir. Yapılan sınavdan başarılı olan ateşleyiciler, belgelerinin sınıfına göre patlatmalı kazı yapılan maden ocakları, yol ve tünel faaliyetlerinde görev alabilmektedirler. Bu tür işletmelerde uzman mühendisler tarafından görevlendirilen ateşleyiciler, patlayıcı maddelerin teslim alınması ve depolanması, patlayıcı maddelerin patlatma deliklerine şarj edilmesi ve sıkılama işlemlerinin yapılması, maden sahasının patlatma işlemi öncesi ve sonrasına hazırlanması ve patlatma sahasının güvenliğinin sağlanması gibi işlerde görevlendirilmektedirler. Ateşleyicileri ilgilendiren ilgili tüzükte ateşleme işlemine yönelik sorumluluklar yukarıda belirtildiği gibidir. Dolayısıyla, patlatma işleminin gerçekleştirilmesinden ateşleyicinin sorumlu olduğu açıkça görülmektedir. Ancak, patlatma sahasında uygulanacak patlatma tasarımı ve patlayıcı maddelerin seçimini, bu konularda yetkinliğe sahip bir maden mühendisi veya maden yüksek mühendisi tarafından yapılması gerektiği bilinmektedir. Bu husus yürürlükten kaldırılmış olan Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük’ te belirtilmesine rağmen, mevcut kanun, yönetmelik ve tüzükte yer almamaktadır.

Patlatma tasarımı ve işlemlerinin yürütülmesinde maden mühendislerinin rolü önemlidir. Çünkü lisans eğitimleri sırasında delme-patlatma dersinin yanında yeraltı üretim yöntemleri, kuyu tünel teknolojisi, açık işletme, tasarım, staj, mesleki uygulamalar vb. diğer birçok ders içeriğinde de patlatma konusu detaylı bir şekilde işlenmektedir. Patlatma faaliyetlerinin yürütüldüğü sahalarda patlatma işlemleri sonucunda hukuksal sorunlarla karşı karşıya kalınabilmektedir. Özellikle bu konuda lisans eğitimi almamış ve/veya gerekli bilgi, tecrübe ve ehliyete sahip olmayan mühendislere sorumluluk verilmiş olması işletme açısından ve çevresel bakımdan çok ciddi olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Konu kapsamındaki güncel mevzuatlar incelendiğinde, patlatma faaliyetlerinin teknik sorumlularının, hangi unvana veya uzmanlığa sahip kişilerden oluşması gerektiği belirtilmemiştir. Bu eksikliklerin giderilmesi için ilgili mevzuatlarda patlatma tasarımından ve patlatmalı kazılardan yasal olarak sorumlu olan ilgili kişilerin unvan, görev ve

yetkilerinin açıkça belirtilmesi olası hukuki olaylar durumunda oluşabilecek mağduriyetlerin önceden engellenmesi açısından önem arz etmektedir.



## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Delme ve patlatma faaliyetleri sonrasında yapılacak tüm işlemleri etkileyebileceği için patlatma konusu teknik ve çevresel açıdan oldukça önemlidir.

Bu tez çalışması, patlatmalı kazı işlemlerinden sorumlu kişi veya kişilerin unvanları ile ilgili güncel mevzuatlardaki eksikliklere dikkat çekmeyi amaçlamıştır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle patlatma tasarımı etkileyen parametreler ile patlatmanın çevresel etkileri incelenmiş; patlayıcı maddelerin depolanması, taşınması ve kullanımı konusunda ilgili güncel mevzuat çerçevesinde teknik bilgiler verilmiştir. Ayrıca, Maden İş Yerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (2013), Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddeler İle İlgili Av Malzemesi ve Benzerlerinin Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük (1987), Patlayıcı Maddelerin Yok Edilme Usul Ve Esaslarına Dair Yönetmelik (1989) ve Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesinin Verilmesine Dair Yönetmelik (1989) gibi güncel mevzuatlar incelenmiştir. Bu kapsamda, patlatmadan sorumlu kişi veya kişilerin sorumluluk alanları ve söz konusu kişilerin unvanları ile ilgili öneriler sunulmuştur.

Patlatma faaliyetleri konusunda gerekli eğitimleri (teorik bilgi, uygulama, staj, vb.) almamış ve/veya gerekli bilgi, tecrübe ve ehliyet sahibi olmayan mühendislerin sorumlu olduğu patlatmalı kazı faaliyetlerinin yürütülmesi çevresel ve hukuki açıdan ciddi problemlere yol açabilmektedir. Öte yandan, güncel mevzuatlar incelendiğinde, patlatmalı kazı faaliyetlerini yürüten teknik sorumluların hangi unvana veya uzmanlığa sahip kişileri kapsadığı belirtilmemiştir. Bu eksikliklerin giderilmesi için ilgili mevzuatlarda gerekli açıklamaların yapılması, patlatmalı kazılardan sorumlu ilgili kişilerin unvan, görev ve yetkilerinin belirtilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte, patlatmalı kazıların yürütüldüğü bölgelerde patlatma işlemi öncesinde, patlatma esnasında ve patlatma sonrasında alınması gereken tedbirlere ilgili mevzuatlarda detaylı yer verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, patlatmalı kazı faaliyetlerinin emniyetli bir şekilde yürütülmesi için bu konuda yeterli derecede eğitim alınarak gerekli bilgi, donanım ve ehliyet sahibi olunmalıdır. Mevzuatlar zaman içerisinde güncellenebildiğinden, patlatma faaliyetlerinden sorumlu mühendislerin güncel yönetmelik, tüzük ve kanunları takip etmeleri teknik ve çevresel açıdan oldukça önem arz etmektedir.



## 9. KAYNAKLAR

- Alabaş, V., 2010. Afşin Elbistan Linyitleri Kışlaköy Açık İşletmesi Gevşetme Patlatması Uygulamaları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Arpaz, E., Koçaslan, A., Görgülü, K., Yüksek, A., G. ve Dilmaç, M., K., 2013. Kaya Kütle Özellikleri ve Patlatma Tasarım Parametrelerinin Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, 6. Delme Patlatma Sempozyumu, Eskişehir, 9-20.
- Atlas Powder Company, 1987. Explosives and Rock Blasting. Filed Technical Operations, Subsidiary of the Tyler Corporation, Dallas, Texas, USA.
- Bağdatlı, S., 2013. Üsküdar - Ümraniye - Çekmeköy Metro Hattı Libadiye İstasyonu Yaklaşım Tüneli Kazısında Yapılan Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Titreşimlerin Ölçülmesi ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barutsan A.Ş., 1999. Ürün Kataloğu, Elmadağ, Ankara.
- Bhandri, S., 1997. Engineering Rock Blasting Operations, A., A., Balkema Publishers, Rotterdam.
- Bilgin, H.A., 1986. Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları Ve Tasarımı, Genel Müdürlüğü Yayını. ODTÜ Maden Müh. Böl. Seminerleri 2, Ankara.
- Bilgin, H.A. ve Pasamehmetoglu, A.G. ve Özkahraman H.T., 1993. Optimum Burden Determination and Fragmentation Evaluation By Full Scale Slab Blasting, Rock Fragmentation By Blasting, Vienna, Austria.
- Bilgin, H.A. ve Çakmak, B.B., 2006. Konya Çimento Hammadde Ocağı Patlatma Çevresel Etki Etüdü Sonuç Raporu, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Bilgin, H., Paşamehmetoğlu, A.,G., 1986. Kayaların Delinebilirlikleri ve Patlatılabilirlikleri Üzerine Bir Çalışma, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Editörler: M.A. HİNDİSTAN ve H.AKSOY, Ankara, 113-125.
- Bilim, N. ve Kekeç, B., 2017. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler ve Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler, İsmo2017 Sempozyumu, Eylül, Bodrum, Bildiriler Kitabı: 413-424.
- Bilim, N., Dündar, S. ve Bilim A., 2018. Ülkemizdeki Maden Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Analizi, BEU Fen Bilimleri Dergisi, 7,2, 423-432.
- Bilim N., 2015. Kömür Madenlerinde Meydana Gelen İş Kazalarının İstatistiksel Değerlendirilmesi, Madencilik Türkiye, 6,44, 78-82.

- Cihangir, F., Erçıkıdı, B., Kesimal, A., Durmuş, O., (2006). Kalker Ocağında Patlatma Kaynaklı Yer Titreşimlerinin İstatistik Analizi, Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Trabzon, Eylül, 151-156.
- Cevizci, H., 2010. Açık Ocak Patlatmalarında Sıkılama Parametresinin Patlatma Verimliliğine Etkisi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Coşkun, O., 2001. Patlayıcı Maddelerle Kazı Tasarım Parametrelerinin İncelenmesi ve Patas Uzman Sisteminin Denenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Dağçimen, A., 2006. Patlatma Tasarımı İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dağlı, A., B., 2016. Yeraltı Kömür Ocaklarında Patlayıcı Kullanımının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden incelenmesi, İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ç.S.G.B., Ankara.
- Dhekne, P.Y., 2015. Environmental Impacts of Rock Blasting and Their Mitigation. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS) 3, 1, 2320–4087, 46-50.
- Donnenberg, J., 1982. Contemporary History of Industrial Explosives in America Wilmington.
- Dowding, C.,H., 1992. Suggested Method For Blast Vibration Monitoring, International Journal Of Rock Mechanics and Mining Sciences and Volume 29, America.
- Dündar, E., Patlatma Sahası Güvenlik Önlemleri ile Patlatma Öncesi ve Patlatma Esnasında Alınması Gereken Güvenlik Önlemleri. <http://www.isgforum.net/threads/patlatma-%C3%B6ncesi-ve-sonras%C4%B1-g%C3%BCvenlik-talimat%C4%B1.12892/>, 15 Kasım 2019.
- Erçıkıdı, B., Kesimal, A. ve Yılmaz, E., 2004. Araklı-Taşönü Kalker Ocağında Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Değerlendirilmesi, 7. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ekim, Sivas, Bildiriler Kitabı: 337-347.
- Edizer, E., 2006. Sayısal Görüntü İşleme Yöntemi ile Tane Boyut Dağılımı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Erkoç, Ö.,Y., 1990. Kaya Patlatma Tekniği, Patlatma Teknikleri Seminer Notları, İstanbul-M.K.E.K. Barutsan A.Ş.
- Fişne, A. ve Ökten, G., 2002. Açık İşletme Taşıma Yollarında Nakliyat Kaynaklı Toz Oluşumu ve Toz Bastırma Yöntemleri, Türkiye 13. Kömür Kongresi, Mayıs Zonguldak, Bildiriler Kitabı: 31-44.

- Gama, C., D., 1996. The Concept of Rock Mass Fragmentability. Fragblast 5, Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, Montreal, Canada.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1991. Rock Slope Engineering, Science Publishing, New York.
- Hagan, T.N., 1983. The Influence of Controllable Blast Parameters on Fragmentation and Mining Costs, 1st Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, 1, 31-50.
- Hüdaverdi, T. ve Kuzu, C., 2005. Ankara Madencilik Faaliyetlerinde Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkilerin Ölçülmesi ve Analizi, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Mayıs, Ankara, Bildiriler Kitabı: 135-140.
- Jimeno, C., L., Jimeno, E., L. and Carcedo, F., J., A., 1995. Drilling and Blasting of Rocks. Brookfield Publication, Rotterdam.
- Kahraman, E., 2019. Patlatmada Kaya Özelliklerinin Parça Boyut Dağılımı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Kahriman, A., 1999. Açık Ocak Ekipman Seçimi Eğitim Semineri, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul.
- Kahriman, A., 2003. Maden ve Taşocaklarında Kaya Patlatma Tekniği Semineri, İstanbul.
- Karaman, K., Erçıkıdı, B. and Kesimal, A., 2013. The assessment of slope stability and rock excavatability in a limestone quarry. Earth Sciences Research Journal, 17, 2, 169–181.
- Kekeç, B., 2010. Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Bazı Kaya Madde ve Kütle Özelliklerine Göre İrdelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kesimal, A., Erçıkıdı, B. ve Cihangir, F., 2008. Environmental Impacts of Blast- Induced Acceleration on Slope İnstability at a Limestone Quarry, Environmental Geology, 54, 381- 389.
- Kılıç, A. M. ve Kahraman, E., 2016. Patlatmadan Kaynaklı Çevresel Etkilerin İncelenmesi ve Uygulamaya İlişkin Bir Örnek, 8.Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, Ekim, Kütahya, Bildiriler Kitabı: 103-112.
- Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Onargan, T., Konak, G. ve Kızıllı, S., 2001. Açık İşletme Tekniği. İzmir: D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, 256.
- Lundberg, N., Persson, P.A., Ladegaard- Pedersen, A. and Holmberg, R., 1975. Keeping The Lid On Flyrock İn Open-Pit Balasting, Engineering Admining Journey, 176, 95-100.
- Meyer, R., 1977. Explosives, Verlag Chemie Gmbh, Weinheim.

- Olofsson, S. O., 1988. Applied Explosives Technology for Construction and Mining, ISBN 91- 7970-634-7, Sweden, 303.
- Öz, M., 2015. Temel Kazı Patlatmalarından Kaynaklı Çevresel Sorunlar Alınabilecek tedbirler ve Patlatmada İş Güvenliği Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, K., 2004. Dijital Görüntü İşleme Tekniği ile Patlatma Verimlilik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, F.B.E, İstanbul.
- Özdoğan, M., 1978. Açık ocaklarda Dinamitleme Sonucu Oluşan Titreşimler Hava Şokları ve Yerleşim Bölgelerinde Alınacak Önlemler Madencilik, XVII, 3, 7-16.
- Ratcliff, J., Sheehan, E. and Carte, K., 2011. Predictability Of Airblast at Surface Cool Mines in West Virginia.
- Şen, N., 2013. Azit ve Nitro Grubu İçeren Organik Patlayıcı Maddelerin Termal Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi ve Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (Hplc) Kullanılarak Analiz Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şeran, O., Akay, T., 1999. Açık Ocaklarda Delme Patlatma Tasarımı ve Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesinin Delme Patlatma Etüdü, Bitirme Projesi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Tamrock, 1984. Handbook of Surface Drilling and Blasting, Painofaktorit, Finland.
- Taşdemir, S., 2013. Erzincan-İliç Çöpler Maden Sahasında Yapılan Basamak Patlatmalarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- T.C. Resmi Gazete, 2003. Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle İlgili, Av Malzemesi Ve Benzerlerinin Usul Ve Esaslarına İlişkin Tüzük, 12028.
- T.C. Resmi Gazete, 2013. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 28770.
- T.C. Resmi Gazete, 2012. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 28339.
- T.C. Resmi Gazete, 1989. Patlayıcı Maddelerin Yok Edilme Usul Ve Esaslarına Dair Yönetmelik, 20287.
- T.C. Resmi Gazete, 1989. Patlayıcı Madde Ateşletiyi Yeterlilik Belgesinin Verilmesine Dair Yönetmelik, 20287.
- T.M.M.O.B. Maden Mühendisleri Odası, 2010. Madenlerde Yaşanan İş Kazaları Raporu, Haziran.
- Toprak, T., 2012. Süreksizliklerin Patlatma Verimi Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Tosun, S., 1991. Madencilikte Patlatılacak Ortama Uygun Patlayıcı Seçimi, Madencilik Dergisi 4, 5-11.
- Tosun, A., Konak, G., Öngen, T., Karakuş D. ve Onur, A.H., 2012. Özgül Şarjın Patlatma Verimliliğine Etkisinin İrdelenmesi, Madencilik Dergisi, 51, 2-3, 43-50.
- Uyar, G.G., 2017. Temel Madencilik Bilgileri Kitabı.
- Widezky-Capehart, E. ve Lilly,P., 2002. Areview of General Considerations for Assessing Rock Mass Blastability and Fragmentation, The International Journal For Blasting and Fragmentation, 6, 151-168.
- Yılmaz, A., O., Alp, İ. ve Çavuşoğlu., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Taşocaklarından Kaynaklanan Çevresel Sorunlar, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara, 141-148.
- Yılmaz, T., 2019. Delme-Patlatma Verimi ve Kayaçların Fiziksel-Mekanik Özelliklerinin Hidrolik Kırıcı Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Yurttaş, U., Özkul, O., Bayındır, O. ve Atlıhan U., 2015. Kartal Meeting Point Projesinde Uygulanan Patlatmalı Temel Kazısında Elektronik Kapsül Kullanımının Hava Şoku Sarsıntı ve Verimlilik Açısından İncelenmesi, 8. Delme Patlatma Sempozyumu, Kasım, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 187-197.
- Yücel, H. L., 2008. Konya Çimento Fabrikası Kireçtaşı Ocağındaki Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 161.
- Zeigler, K., 1991. The Blast Design Project, Seminer Notları, TDCİ, Sivas.
- URL-1, <https://mehmetsaatci.wordpress.com/2012/11/28/acik-ocaklarda-patlatma-ve-performans-degerlendirmesi/> , 10 Ekim 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Rize/Çayeli’nde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Çayeli’nde tamamladı. 2011 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2011-2012 yılları arasında yabancı dil hazırlık okudu. 2013-2014 yılları arasında Farabi Değişim Programı ile Karadeniz Teknik Üniversitesi’nde öğrenim gördü. Yine aynı yıl içerisinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yaptı. 2016 yılında Maden Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Aynı yıl Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı.